



Maisterintutkielma

Matematiikan, fysiikan ja kemian opettajan maisteriohjelma

Fysiikan opettaja

FYSIIKAN ILMIÖT JA OPETUS HUVIPUISTOSSA

Else Peltonen

2020

Ohjaajat: Dosentti Maija Nousiainen ja yliopistonlehtori Ari Hämäläinen

Tarkastajat: Dosentti Maija Nousiainen ja professori Ismo Koponen

HELSINGIN YLIOPISTO
MATEMAATTIS-LUONNONTIETEELLINEN TIEDEKUNTA

PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2)
00014 Helsingin yliopisto

Tiedekunta – Fakultet – Faculty		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree programme	
Matemaattis-luonnontieteellinen		Matematiikan, fysiikan ja kemian opettajan maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author			
Else Peltonen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title			
Fysiikan ilmiöt ja opetus huvipuistossa			
Työn laji – Arbetets art – Level	Aika – Datum – Month and year	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages	
Maisterintutkielma	Kesäkuu 2020	34	
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Tässä työssä on tavoitteena esittää yksi opetuksellinen malli sille, miten fysiikkaa voidaan opettaa huvipuistokontekstissa lukiotasolla. Työssä selvitettiin, millaisia fysiikan ilmiöitä huvipuistossa voidaan havaita, miten huvipuistolaitteita voidaan hyödyntää lukion fysiikan kokeiden tekemisessä ja miten huvipuistovierailua voidaan hyödyntää lukion fysiikan opetuksessa.</p> <p>Työn teoriaosuudessa tarkastellaan kiinnostuksen kehittymistä, johon opettaja voi vaikuttaa valitsemillaan sisällöillä, konteksteilla ja opetustavoilla. Koulun ulkopuolella tapahtuvalla oppimisella voi olla vaikutusta kiinnostukseen ja oppimiseen, ja huvipuisto voi tarjota tällaisen kiinnostusta lisäävän kontekstin. Lisäksi tarkastellaan huvipuistolaitteisiin liittyviä fysiikan ilmiöitä: dynamiikkaa, energiamuutoksia ja sähkömagnetismia.</p> <p>Työssä esitellään erilaisia mittausvälineitä ja älypuhelinsovelluksia, joita huvipuistossa tehtävissä mittauksissa voidaan käyttää, ja niihin liittyviä suureita. Lisäksi esitellään Linnanmäen huvipuistossa mahdollisia mittauksia.</p> <p>Työssä toteutettiin empiirinen tutkimus Linnanmäen huvipuistossa opiskelijaryhmän kanssa. Kolmiosainen vierailu toteutettiin yhteistyössä pääkaupunkiseudulla sijaitsevan lukion kanssa ja siihen sisältyi harjoittelu- ja analysointiosuudet koululla sekä mittausosuus Linnanmäellä. Mittauksissa käytettiin Vernierin LabQuest 2 -laitteistoa.</p> <p>Seuraavissa tutkimuksissa voitaisiin selvittää, missä määrin huvipuistokonteksti lisää kiinnostusta fysiikkaan ja onko huvipuistovierailulla vaikutusta fysiikan oppimiseen.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
fysiikan opetus, kiinnostus, huvipuisto, opetusmalli, lukio			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
E-thesis			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
2 Teoriatausta	2
2.1 Kiinnostus ja sen kehittyminen	2
2.2 Fysiikan kiinnostavuus.....	4
2.3 Huvipuistokontekstin hyödyntäminen fysiikan oppimisessa ja opettamisessa	6
3 Tutkimuskysymykset	7
4 Fysiikan ilmiöitä huvipuistossa	8
4.1 Dynamiikka	8
4.2 Energia ja työ.....	9
4.3 Sähkömagnetismi.....	9
5 Mittausvälineistöt ja sovellukset.....	14
5.1 Erilaisia tutkimustapoja	14
5.2 Eri mittauslaitteistojen esittely	16
6 Huvipuistossa suoritettavia fysiikan kokeita	20
7 Empiirinen tutkimus Linnanmäen huvipuistossa opiskelijaryhmän kanssa	24
7.1 Osallistujat.....	24
7.2 Empiirinen osa 1: Ohjeistuskerta.....	24
7.3 Empiirinen osa 2: Mittauspäivä Linnanmäellä.....	25
7.4 Empiirinen osa 3: Analysointikerta	27
8 Pohdinta ja johtopäätökset.....	30
9 Kiitokset	31
Lähdeluettelo	32

1 Johdanto

Huvipuistolaitteisiin liittyy paljon erilaisia fysiikan ilmiöitä, joita tavallisella huvipuistovierailulla tuskin huomaakaan. Näitä ilmiöitä voitaisiin tuoda esiin fysiikan opetuksessa sekä esimerkein teoriallasolla että vierailemalla huvipuistossa opiskelijaryhmän kanssa. Suomessa huvipuistoja ei juurikaan hyödynnetä fysiikan opetuksessa, mutta maailmalla tästä on kokemusta (Pendrell & Pezzi 2013).

Opiskelijaryhmän viemisellä huvipuistoon tavoitellaan koulussa opittujen tietojen soveltamista ja yhdistämistä käytännön elämään. Samalla nähdään, että fysiikkaa tarvitaan erilaisissa paikoissa, joita ei ehkä tule ajatelleeksi. Lukion opetussuunnitelman perusteissa (Anon 2019) painotetaan fysiikan merkitystä arkipäivän elämässä ja ympäristössä sekä tutkimuksellista työskentelyä ryhmässä. Koululaboratoriosta poikkeava kokeellisuus tukee tutkimuksen tekemisen oppimista ja mahdollisesti myös auttaa omaksumaan käsitteitä paremmin kehollisuuden kautta.

Työn teoriaosuudessa käsitellään kiinnostusta fysiikkaan ja huvipuistolaitteisiin liittyviä fysiikan ilmiöitä. Osa ilmiöistä voidaan yksinkertaistaa lukioon sopivalle tasolle myös kokeellisella puolella (esimerkiksi paikka, nopeus, yksiulotteinen kiihtyvyys), kun taas joitain voidaan käydä läpi vain kvalitatiivisella tasolla (esimerkiksi sähkömagneettiset ilmiöt ja energianmuutokset). Työn tavoitteena on siis kehittää käytännöllistä opetusta ja antaa muun muassa opettajille tietoa huvipuistojen tarjoamista mahdollisuuksista fysiikan opetukseen.

Lukion opetussuunnitelman perusteiden (Anon 2019) fysiikan osiossa linjataan, että fysiikan opetuksen tulee tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun ja maailmankuvan kehittymistä. On tärkeää, että opiskelija ymmärtää fysiikan merkityksen arkielämässä ja ympäristössä. Opetuksessa suositellaan hyödynnettäväksi monipuolisia oppimistilanteita ja -ympäristöjä. Opetussuunnitelman perusteissa korostetaan ympäristöstä tehtyjä havaintoja opetuksen lähtökohtana ja kokeellisuuden merkitystä käsitteiden omaksumisessa ja ymmärtämisessä, tutkimisen taitojen oppimisessa sekä luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa. Kokeellisessa työskentelyssä on myös tarkoitus kehittää tutkimus- ja vuorovaikutustaitoja, kriittistä ajattelua, sekä innostaa opiskelijoita fysiikan opiskeluun. Mittaustulosten käsittelyn yhteydessä opitaan myös tieto- ja viestintäteknologian käyttöä sekä tulosten tulkitsemista ja arviointia. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan opiskelijoilla pitäisi olla mahdollisuuksia vierailuihin, joissa perehdytään fysiikan sovelluksiin. (Anon 2019).

2 Teoriatausta

Ann-Marie Pendrill on tehnyt Ruotsissa tutkimusta huvipuistoista opetuskäytössä. Ruotsin kahdessa suurimmassa huvipuistossa, jotka ovat Tukholman Gröna Lund ja Göteborgin Liseberg, järjestetään lähes vuosittain opetustapahtumia. Gröna Lundissa järjestetään syyskuussa kolmepäiväinen Edutainmentdag, johon liittyy myös kesällä pidettävä opettajien tutustumispäivä. Päivien aikana opiskelijaryhmät yläkouluista ja lukioista pääsevät opettajien johdolla tekemään mittauksia laitteissa ja pohtimaan niihin liittyviä tehtäviä. Myös Lisebergin huvipuistossa on oma vastaava tapahtuma, Fysikdag. Tällaisia tapahtumia ei ainakaan tällä hetkellä järjestetä suomalaisissa huvipuistoissa. Tässä tutkielmassa esitetään yksi mahdollinen tapa, jolla huvipuistoa voidaan hyödyntää fysiikan opiskelun oppimisympäristönä.

Opiskelijat eivät pidä koulussa opetettavaa fysiikkaa kiinnostavana ja henkilökohtaisesti merkittävänä, vaikka tieteiden merkitys yhteiskunnalle tiedostetaan (Juuti ym. 2010). Fysiikan opiskelu koetaan tylsänä: se on vaikeaa, siitä ei nautita, sen sisällöt eivät ole mielenkiintoisia, se on epäolennaista ja se vaatii matemaattisia taitoja (Williams ym. 2003). Fysiikan kiinnostavuutta pitäisi siis saada lisättyä. Tämä tutkimus keskittyy pääasiassa lukiotasolle. Jotta opiskelijat päätyisivät valitsemaan lukiossa fysiikkaa, heidät pitää saada innostettua sen pariin jo peruskoulussa.

2.1 Kiinnostus ja sen kehittyminen

Kiinnostus on psykologinen tila, jossa ihminen ylläpitää mielenkiintoa tai toistuvasti kiinnittää huomiota tiettyyn sisältöön. Henkilön kiinnostuksen asteella on todettu olevan voimakas vaikutus oppimiseen sekä lisäksi tarkkaavaisuuteen ja tavoitteisiin. Kiinnostukseen liittyy yleensä myönteinen tunnetila, joka vuorovaikuttaa kognitiivisten tekijöiden kanssa. Kiinnostus on tulos henkilön ja tietyn sisällön vuorovaikutuksesta; henkilöllä on potentiaalia kiinnostukseen, mutta sisältö ja ympäristö määrittävät kiinnostuksen suunnan ja kehityksen. Opettajat eivät välttämättä koe voivansa vaikuttaa oppilaan kiinnostukseen, vaikka todellisuudessa opettaja voi auttaa merkittävästi kiinnostuksen kehittämisessä. (Hidi & Renninger 2006).

Perinteisesti kiinnostus jaetaan pysyvään ja vähitellen kehittyvään henkilökohtaiseen kiinnostukseen sekä tilannekohtaiseen kiinnostukseen, johon voidaan vaikuttaa oppimisympäristöllä. Tilannekohtaisen kiinnostuksen oletetaan olevan spontaani, hetkellinen ja yksilöiden kesken jaettu, ja siihen voidaan vaikuttaa sisällön ja kontekstin kiinnostavuudella, jolloin se on osittain opettajien säädeltävissä. Kun kiinnostus on ensin herätetty, sen säilyttämiseksi oppilaille on annettava selkeä tavoite tai tarkoitus. Oppimisolosuhteiden tulisi tehdä oppimisen sisällöstä merkityksellistä oppilaille. Tietyissä olosuhteissa tilannekohtainen kiinnostus voi muuttua henkilökohtaiseksi

kiinnostukseksi, ja tätä opettaja voi edesauttaa valitsemalla sopivia sisältöjä, konteksteja ja opetustapoja. Kontekstilla on havaittu olevan tärkeä vaikutus kiinnostukseen. (Lavonen ym. 2005).

Hidi ja Renninger (2006) ovat esittäneet kiinnostuksen kehittymisestä nelivaiheisen mallin. Nämä neljä vaihetta ovat (1) tilanteen synnyttämä kiinnostus, (2) ylläpidetty tilannekohtainen kiinnostus, (3) heräävä henkilökohtainen kiinnostus ja (4) pitkälle kehittynyt henkilökohtainen kiinnostus. Malli kuvaa, miten kiinnostus kehittyy ja syvenee, ja ehdottaa opettajille keinoja tukea oppilaiden kiinnostuksen kehittymistä tietyssä aiheessa. Vaiheiden tiedostamisella voidaan tukea oppimista. Tunnetilan voimakkuus, tietotaso ja arvostus tai henkilökohtainen merkittävyys vaihtelevat vaiheiden välillä. Vaiheet ovat keskenään erillisiä, mutta toisiaan seuraavia, ja niiden pituuteen ja luonteeseen vaikuttavat muun muassa henkilön temperamentti ja luontainen taipumus. Kiinnostuksen kehittyminen vaatii tukea ja vahvistusta, muuten se saattaa taantua tai kadota. Tukea on esimerkiksi työskentely muiden kanssa sekä haasteiden tarjoaminen tehtävää suorittaessa. Muut yksilöt, ympäristö ja henkilön oma toiminta tukevat kiinnostuksen kehittymistä.

Tilannekohtaisen kiinnostuksen voivat laukaista erikoiset, yllättävät ja intensiiviset henkilökohtaisesti merkittävät tilanteet opetuksessa ja tällaisia voidaan tarjota muun muassa ryhmätöillä, arvoituksilla ja tietokonetyöskentelyllä. Tilannekohtaista kiinnostusta voidaan pitää yllä projektioppimisella, yhteistoiminnallisella ryhmätyöskentelyllä ja ohjaamisella. Heräävän henkilökohtaisen kiinnostuksen vaiheessa oppilailla on myönteisiä tunteita opittavaa sisältöä kohtaan ja he haluavat syventyä asiaan. (Juuti ym. 2010). Pitkälle kehittyneessä henkilökohtaisessa kiinnostuksessa oppilaalla on suhteellisen kestävä mielenkiinto tiettyä sisältöä kohtaan ja he asettavat itse aiheeseen liittyviä kysymyksiä ja vastaavat niihin (Hidi & Renninger 2006, Juuti ym. 2010). Tilannekohtaisella kiinnostuksella on osoitettu olevan myönteinen vaikutus kognitiiviseen suoritukseen ja se edesauttaa huomion keskittämistä ja tiedon integroitumista aiempaan. Vastaavasti henkilökohtaisen kiinnostuksen on osoitettu vaikuttavan myönteisesti muun muassa huomioon, sinnikkyyteen ja akateemiseen motivaatioon. (Hidi & Renninger 2006).

Empiirisissä tutkimuksissa on todettu, että oppilaiden kiinnostus kouluaineita kohtaan vähenee, kun siirrytään ylemmille luokille. Erityisesti kiinnostus vähenee fysiikkaa, kemiaa ja matematiikkaa kohtaan ja enemmän tytöillä kuin pojilla. Ympäristöllä on tähän suurempi vaikutus kuin henkilön sisäisellä kyvyllä kiinnostua. Siten koulukulttuurilla olisi mahdollisuus merkittävään myötävaikutukseen kiinnostuksen kehittämiseen ja ylläpitoon. (Hidi, Renninger ja Krapp 2004).

2.2 Fysiikan kiinnostavuus

Tutkimusten mukaan oppilaat opiskelevat ja oppivat paremmin fysiikkaa, jos ovat siitä kiinnostuneita. Kiinnostuspohjaisella motivaatiolla oppia on myönteisiä vaikutuksia sekä oppimisprosessiin että -tuloksiin. Tämän vuoksi fysiikan opetusta pitäisi kehittää kiinnostavammaksi oppilaille. Fysiikan näkökulmasta kriittistä on saada kiinnostus säilymään niin kauan, että se johtaa opiskelumotivaatioon ja opiskeluun. (Lavonen ym. 2005). On siis tarve luoda oppimisympäristö, joka edistää fysiikan kiinnostuksen kehitystä ja vakauttamista. Kiinnostus fysiikkaan oppiaineena voidaan nähdä yhdistelmänä henkilökohtaista kiinnostusta fysiikkaan, lyhytaikaista kiinnostusta tiettyyn fysiikan aiheeseen, minkä opetus on saanut aikaan, sekä fysiikantuntien sosiaalista ilmapiiriä. Kiinnostukseen fysiikkaan oppiaineena vaikuttavat tekijät vaihtelevat oppilaiden välillä. Tilannekohtaisista olosuhteista riippuen kiinnostus oppiainefysiikkaan voi erota oppilaan kiinnostuksesta yleiseen fysiikkaan. Fysiikan kiinnostukseen vaikuttavat oppilaan fysiikkaan liittyvä minäkuva, kompetenssin kokemus, sitoutuneisuus ja tunnetilat, ja kiinnostus nousee yksilön vuorovaikutuksesta ympäristönsä kanssa. Fysiikan kiinnostusta voidaan pitää kolmiulotteisena rakenteena; se jakautuu kiinnostuksena tiettyyn fysiikan aiheeseen, kiinnostuksena tiettyyn kontekstiin, jossa aihe on esitetty, sekä kiinnostuksena tiettyyn toimintaan osallistumiseen yhdessä tämän aiheen ja kontekstin kanssa. (Hoffmann 2002).

Useissa tutkimuksissa on todettu, että tytöt ovat vähemmän kiinnostuneita fysiikasta kuin pojat, ja kiinnostus laskee iän myötä. Vanhempien tuki vaikuttaa yleisen fysiikan kiinnostuksen kehittymiseen ja tytöt saavat kotoa vähemmän kannustusta fysiikan ja teknologian aloille kuin pojat. Lisäksi tytöillä on taipumus aliarvioida omaa kompetenssiaan ja osaamistaan matemaattis-luonnontieteissä, kun taas pojat yliarvioivat ne. Opiskelijan vähäinen luottamus omiin kykyihinsä laskee hänen sisäistä motivaatiotaan. Opettajat vuorovaikuttavat eri tavoin tyttöjen ja poikien kanssa, mikä voi johtaa lopulta tyttöjen syrjintään tiedeopetuksessa. Havaittuja eroja sukupuolien välillä kiinnostuksessa ja asenteissa fysiikkaa kohtaan tukee heidän opettajaltaan saamansa kohtelu sekä erilaiset kokemukset kokeiden kanssa fysiikantunneilla. Yleisesti pojat saavat tyttöjä enemmän huomiota ja vuorovaikuttavat enemmän opettajien kanssa. Sekä mies- että naispuolisilla opettajilla on taipumus kohdistaa suurempia odotuksia poikiin matematiikassa ja tieteissä. Pojat nähdään älykkäämpinä, kiinnostuneempina ja luovempina, kun taas tytöt nähdään tunnollisina, huolellisina ja ahkerina. Poikien menestys yhdistetään synnynnäisiin taitoihin, tyttöjen ahkeruuteen ja huolellisuuteen. Poikia myös kannustetaan enemmän ratkaisemaan ongelmia itsenäisesti. Vaikka opettajat eivät ole pääsyy oppilaiden sukupuolesta johtuviin eroihin, he eivät edesauta stereotyyppien rikkomista. (Hoffmann 2002).

Kontekstin muutos vaikuttaa etenkin tyttöihin. Keskimäärin tytöt ilmaisevat suhteellisen korkeaa kiinnostusta luonnonilmiöihin ja aistein havaittaviin ilmiöihin. He arvostavat yhteyksiä ihmiskuntaan, sosiaaliseen osallistumiseen ja teoreettisten käsitteiden käytännön sovelluksiin. Ihmisbiologia, lääketieteellinen käyttö ja luonnonilmiöt voidaan esitellä fysiikan oppituntien konteksteina, aiheina, jotka ottavat tyttöjen kiinnostuksenkohteet huomioon. On havaittu, että mikä oli tytöistä kiinnostavaa, oli myös pojille. Toisin päin tämä ei välttämättä päde. Tyttöjen ja poikien kiinnostuksenkohtiin pohjautuva opetussuunnitelma johtaa parempiin oppimistuloksiin ja on erityisen tärkeää tyttöjen kannalta. (Hoffmann 2002).

Valikoima sopivia opetusmenetelmiä mahdollistaa oppilaan kiinnostuksen heräämisen ja kehittymisen. Kiinnostuksen vaiheiden välisten siirtymien täytyy sisältää sekä myönteisiä tunteita että mahdollisuuksia tiedon kehittymiseen. Oletetaan, että oppilaille mieluisien opetustapojen käytöllä luonnontieteen opetuksessa on myönteisiä sosioemotionaalisia vaikutuksia. Toisaalta oppilaille mieluisin opetusmenetelmä ei välttämättä ole oppimisen kannalta paras. Mieluisa opetustilanne voi kuitenkin laukaista, pitää yllä ja kehittää oppilaiden kiinnostusta tiedeopetuksessa (Juuti ym. 2010).

Juuti ym. (2010) ovat tutkineet suomalaisten yhdeksäsluokkalaisten suosimia opetusmetodeja. Suurin osa tutkimukseen osallistuneista yhdeksäsluokkalaisista toivoi lisää vierailuja museoihin, teollisuuteen ja tiedekeskuksiin. Toinen mahdollinen tulkinta on, että oppilaan toivovat koulun ulkopuolelle sijoittuvaa oppimista muutoksena vallitsevaan tilanteeseen, jossa vierailuja ei tehdä. Koulun ulkopuolelle sijoittuvaa oppimista korostavilla opetusmenetelmillä on potentiaalia havainnollistaa tiedeopetuksen merkitystä jatko-opintojen tai uran näkökulmasta. Myönteisten tunteiden vahvistamiseksi tiedeopetuksessa, ja siten hypoteettisesti lisätään oppilaiden kiinnostusta koulussa opetettaviin tieteisiin, opettajien tulisi käyttää enemmän koulun ulkopuolisia yhteyksiä, kuten vierailuja, vierailijoita, sanomalehtiä ja aikakauslehtiä, ja kiinnostuneille tai tieteitä arkielämässä hyödyllisinä pitäville oppilaille muun muassa ryhmätöitä ja luovaa toimintaa.

Rennien (2014) mukaan mahdollisuuksilla koulun ulkopuoliseen tiedeoppimiseen on suuri myötävaikutus tiedeopetukseen. Koulun ulkopuolisessa kontekstissa oppiminen on parhaimmillaan motivoitunutta, vapaaehtoista ja ohjautuu oppijan omien tarpeiden ja kiinnostusten mukaan. Parhaiten opitaan, kun ennen opintoretkeä tehdään aiheeseen liittyviä tehtäviä, paikan päällä tehdään tehtäviä tai vastaavaa ja lisäksi asiaa käsitellään opintoretken jälkeen. Tehtävien osittainen valinnanvapaus vaikuttaa myös oppimiseen myönteisesti. Pelkkä retki voi olla hauska ja motivaatiota lisäävä, mutta ilman tehtäviä se ei välttämättä johda ajatteluun tai oppimiseen.

Rennie (2014) tuo esiin, että opettajat pitävät koulun ulkopuolelle suuntautuvia retkiä hyödyllisinä ja niihin liittyvää ennen ja jälkeen tapahtuvaa toimintaa tärkeänä, mutta eivät kuitenkaan hyödynnä niitä tehokkaasti. Vaikka retken saisi integroitua opetussuunnitelmaan, niin ei välttämättä tehdä. Kuitenkin opettajan hyvin valmistelemat ja yhteistyökumppanin kanssa yhdessä toteutetut vierailut ovat kaikkein opettavaisimpia, ja oppiminen on pitkäkestoista verrattuna vierailuihin, joissa opettaja on passiivisessa roolissa. Opintoretkiä ei myöskään järjestetä tarpeeksi usein, koska vastaan tulevat käytössä olevat resurssit, kuten raha ja aika, sekä mahdolliset logistiset ongelmat. Opetuksellisesti hyödylliset retket vaativat opettajilta aktiivisuutta ja panostamista.

2.3 Huvipuistokontekstin hyödyntäminen fysiikan oppimisessa ja opettamisessa

Suurin osa koulun ulkopuolella tapahtuvan oppimisen tutkimuksesta painottuu tiede- ja luonnonhistorianmuseoihin sekä tiedekeskuksiin (Rennie 2014). Huvipuistoa voidaan myös pitää informaalina oppimisympäristönä, vaikka huvipuistojen oppimismahdollisuuksia käytetään vähän (Pendriill, Kozma & Theve 2014). Huvipuistoihin olisi esimerkiksi mahdollista järjestää retkiä, joilla voisi tarkastella joko laitteisiin liittyviä fysiikan ilmiöitä, tai miettiä, miten fysiikkaa on sovellettu eri laitteissa. Vierailu voisi tuoda vaihtelua luokassa tapahtuvaan opetukseen ja siten motivoida opiskelijoita tai ainakin saada heidät kiinnostumaan fysiikasta. Monet laitteet, muun muassa karuselli tai vapaapudotuslaite, ovat toimintaperiaatteeltaan melko yksinkertaisia, joten niiden tarkasteleminen yksinkertaistettuna mallina on mahdollista laskennallisesti toisen asteen opetuksessa sekä ilmiötasolla jo perusopetuksessa.

Ulkomailla monet huvipuistot tekevät yhteistyötä opettajien, koulujen ja yliopistojen kanssa, ja huvipuistoissa on jopa teemapäiviä vain opiskelijaryhmille (Pendriill & Pezzi 2013; Pendriill, Kozma & Theve 2014). Muun muassa ruotsalaisissa Gröna Lundin ja Lisebergin huvipuistoissa järjestetään tällaisia päiviä, jolloin oppilaat pääsevät muutaman tunnin ajaksi tekemään kokeita opettajien ja yliopistolaisten avustaessa. On havaittu, että hyvä ennakkovalmistautuminen on auttanut sekä tehtävien tekemisessä että käytännön järjestelyiden onnistumisessa. Vierailu on oppimisen kannalta antoisampi, kun koululla käsitellään aihetta jälkikäteen esimerkiksi keskustelun, esitelmien ja raporttien avulla. (Pendriill, Kozma & Theve 2014). Vierailukynnystä voidaan madaltaa tarjoamalla aineistoa ja tehtäväpapereita verkossa. Ainakin Tukholman Gröna Lundin huvipuistoon, Göteborgin Lisebergin huvipuistoon ja amerikkalaiseen California's Great America -puistoon on tehty opiskelumateriaalia (*Edutainment; Fysikdag; Physics, Science & Math Days*).

Opettajan rooli on tärkeä huvipuistovierailulla, jos halutaan saavuttaa hyviä oppimiskokemuksia. Valmistautumattomuus voi johtaa siihen, että oppilaat ovat kiinnostuneita ainoastaan laitteista,

eivätkä niihin liittyvistä tehtävistä. Näin ei menetetä vain oppimismahdollisuuksia, vaan tämä voi vaikuttaa myös yleiseen ilmapiiiriin ja laskea uteliaisuuden ja kiinnostuksen tasoa. (Pendriill, Kozma & Theve 2014).

Huvipuistossa koetaan Newtonin lakeja kehollisesti. Moniin laitteisiin liittyy suuria korkeuksia, nopeita liikkeitä ja vahvoja voimia. (Bagge & Pendriill 2002). Ajon analysoiminen voi johtaa Newtonin lakien sekä voiman, nopeuden ja kiihtyvyyden vektoriluonteen syvempään ymmärtämiseen (Pendriill 2008, Pendriill 2013). Mittauksista saatavan autenttisen datan käyttö miellyttävässä ympäristössä innostaa opiskelijoita yrittämään ymmärtää dataa ja yhdistämään sen keholliseen kokemukseen (Pendriill & Rödjegård 2005).

3 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkielmassa tarkastellaan fysiikan oppimista huvipuistossa sekä huvipuiston (tarkemmin Linnanmäki Helsingissä) hyödyntämistä koulun ulkopuolisena oppimisympäristönä. Tutkielman tavoitteena on esittää opetuksellinen malli huvipuiston hyödyntämisestä fysiikan opetuksessa. Tutkimuskysymyksiksi on asetettu seuraavat kysymykset:

1. Millaisia fysiikan ilmiöitä huvipuistossa voidaan havaita?
2. Miten huvipuistolaitteita voidaan hyödyntää lukion fysiikan kokeiden tekemisessä?
 - Millaisia mittauksia voidaan tehdä?
 - Mitä mittalaitteita tai älypuhelinsovelluksia mittauksissa voidaan käyttää?
3. Miten huvipuistovierailua voidaan hyödyntää lukion fysiikan opetuksessa?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastataan kirjallisuuskatsauksessa luvussa 4. Toinen tutkimuskysymys käsitellään yhtäältä kirjallisuuteen nojautuen ja toisaalta tutkielman tekijän omilla empiirisillä kokeilla luvussa 5. Kolmanteen tutkimuskysymykseen luvuissa 6 ja 7 vastauksena esitetään opetuksellinen malli, miten huvipuistovierailuja voidaan toteuttaa osana lukion fysiikan opetusta ja esimerkkinä esitetään yhden lukiolaisryhmän huvipuistovierailuun liittyvää aineistoa.

4 Fysiikan ilmiöitä huvipuistossa

Huvipuistossa voidaan havaita monenlaisia fysiikan ilmiöitä. Tämän työn kannalta merkittävin fysiikan osa-alue on dynamiikka, koska siihen liittyen voidaan tehdä mittauksia lukiolaisten kanssa. Dynamiikkaan liittyviä käsitteitä ovat paikka, nopeus, kiihtyvyys, voimat, pyörimisliike ja heiluriliike. Ilmiötasolla voidaan tarkastella myös energiaa ja sähkömagnetismia, vaikka niihin liittyviä mittauksia ei voidakaan tehdä.

4.1 Dynamiikka

Fysiikka on merkittävässä roolissa huvipuistolaitteiden toiminnassa sekä niiden suunnittelussa. Merkittävin yksittäinen fysiikan ala huvipuistoissa on dynamiikka, sillä laitteiden toiminta perustuu liikkeeseen, sen suunnan tai kiihtyvyyden muutoksiin. Laitetyypistä riippuen nopeuden ja kiihtyvyyden suunnat vaihtelevat. Pyörivissä laitteissa kokemus perustuu lisäksi ratanopeuteen, kulmanopeuteen ja kulmakiihtyvyyteen sekä niiden muutoksiin. Karuselleissa nopeus riippuu matkustajan paikasta suhteessa pyörimisakseliin, joten ulkopiirissä ratanopeus on suurempi kuin sisäpiirissä (Escobar 1990). Perinteinen karuselli edustaa tasaista ympyräliikettä. Lisäämällä korkeutta ja kallistusta ajokokemuksesta saadaan hurjempi, kuten esimerkiksi keinukaruselleissa ja maailmanpyörissä. On myös laitteita, joissa matkustaja painuu karheaa seinää vasten ja pysyy paikoillaan ilman turvalaitteita laitteen pyöriessä suurella kulmanopeudella. Joissakin laitteissa kiertoliikettä on usean akselin ympäri samalla tavoin kuin Kuu kiertää Aurinkoa (Roeder 1975, Escobar 1990).

Myös voimat ja kiihtyvyydet liittyvät oleellisesti huvipuistolaitteisiin. Painovoiman kokemukseen huvipuistossa liittyy keinotekoinen painovoima eli niin kutsuttu g-voima ja painottomuuden tunne (Roeder 1975, Knight 2008). Tarkasti ottaen henkilön kokema g-voima on illuusio, joka hänelle syntyy kiihtyvyyden aikaansaavasta voimasta. Henkilö mieltää, että häneen kohdistuvat voimat ovat tasapainossa, joten hän kuvittelee kiihtyvyyden aiheuttavalle voimalle tasapainottavan voiman, tässä esimerkissä painovoiman lisäyksen. Toisin sanoen, kun yleiskielisesti puhutaan niin kutsutuista g-voimista, tarkoitetaan todellisuudessa kiihtyvyyksiä, joita voidaan mitata kiihtyvyyssanturilla (ks. 5.1). Jos tilannetta tulkitaan maanpinnan koordinaatistosta käsin, ylöspäin kiihtyvässä laitteessa henkilö on tuntevinaan keinotekoisen painovoiman lisäyksen. Kuitenkin se mitä hän tuntee, on alustan tukivoiman kasvu: painovoima ja tukivoima eivät ole tasapainossa, joten henkilön liike kiihtyy ylöspäin. Kun tukivoima kasvaa, henkilö tietoisesti tai tiedostamattaan tulkitsee sen niin että jokin ”g-voima” vetää häntä alaspäin kovempaa, vaikka todellisuudessa, fysiikan näkökulmasta kyse ei ole voimasta. Painottomuuden tunnetta aiheuttavat muun muassa

vapaapudotuslaitteet, heiluriliikelaiteet, kuten viikinkilaivat, sekä osa vuoristoradoista. Samoissa laitteissa koetaan myös tunnetta painovoiman kasvusta, kun kurvissa tai montussa matkustaja painautuu penkkiä vasten ja penkki kohdistaa matkustajaan painovoimaa suuremman tukivoiman. Osassa näistä laitteista matkustaja on välillä ylösalaisin. Vuoristoratojen silmukoiden muoto vaikuttaa kiihtyvyyksien suuruuteen (Escobar 1990). Roederin (1975) mukaan huvipuistolaitteen tärkein ominaisuus ei ole kuitenkaan kiihtyvyyksien suuruus, vaan sen vaihtelu, ellei kyse ole suurista kiihtyvyyksistä (yli 3 g). Ettei matkustaja liukuisi penkillä, tarvitaan myös kitkavoimaa matkustajan ja penkin välillä (Roeder 1975, Escobar 1990). Maanpinnan koordinaatistosta tarkkailtuna tilanne on tulkittava niin, että matkustaja on kiihtyvässä liikkeessä ja kiihtyvyyden aiheuttaa kitka. Kitkaa esiintyy myös laitteen muissa osissa esimerkiksi vuoristoradan pyörien ja radan välillä.

4.2 Energia ja työ

Energian säilymislakia voidaan soveltaa monissa laitteissa, kuten vuoristoradoissa (Escobar 1990). Perinteisissä vuoristoradoissa vaunu hilataan mäen päälle radan korkeimpaan kohtaan ja päästetään laskemaan alas välillä jarruttaen. Vaunun painon potentiaalienergia muuttuu liike-energiaksi alamäessä ja vastaavasti toisinpäin ylämäessä (Pendril 2008; Pendril, Karlsteen & Rödjegård 2012). Vaunun maksiminopeus riippuu radan suurimman mäen korkeudesta. Osa mekaanisesta energiasta muuttuu lämpöenergiaksi pyörien ja radan välisen vierimisvastuksen ja jarrutusten seurauksena. Erityisesti loppujarrutuksessa syntyy suuri määrä lämpöenergiaa, jonka jarrupalat absorboivat ja siirtävät edelleen ympäristöön johtumalla ja säteilemällä (Pendril ym. 2012).

Vaunulle voidaan antaa kineettistä energiaa myös laukaisemalla, jolloin se pääsee ensimmäisen mäen huipulle. Tämän jälkeen energiamuutokset ovat samanlaisia kuin perinteisissä vuoristoradoissa. Tällainen vuoristorata on muun muassa Lisebergin Kanonen. (Pendril 2008).

Vapaapudotuslaitteissa vaunu nostetaan tornin huipulle sähkömoottorin avulla, jolloin vaunun painon potentiaalienergia kasvaa. Kun vaunu päästetään putoamaan, potentiaalienergia muuttuu liike-energiaksi. Lopussa liike-energia muuttuu pääosin lämpöenergiaksi jarrutuksessa.

4.3 Sähkömagnetismi

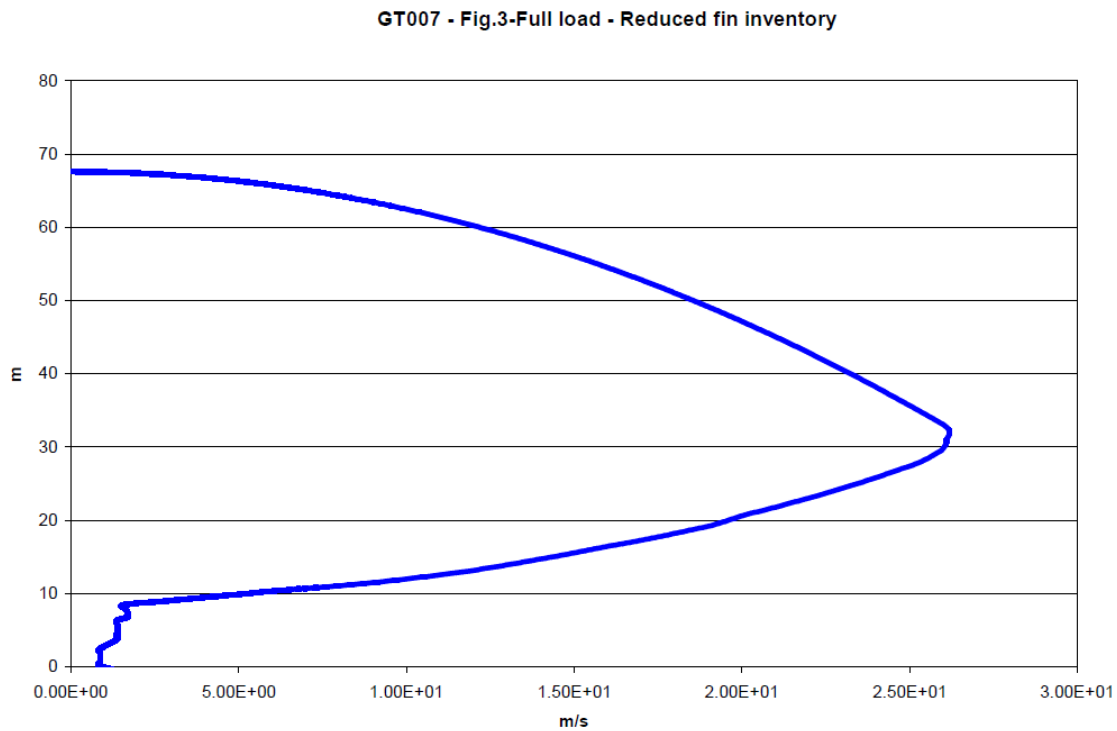
Valtaosa huvipuistolaitteista toimii sähkövirralla ja sähkömagnetismin ilmiöitä hyödynnetään huvipuistolaitteissa laajemminkin, esimerkiksi sähköenergiaa muutetaan monissa laitteissa liike-energiaksi. Autoradassa, jota kutsutaan myös törmäilyautoiksi, auton metallijohdin koskettaa katossa olevaa sähköverkkoon kytkettyä positiivisesti varattua metalliverkkoa ja auton pohjassa oleva hiiliharja puolestaan negatiivisesti varattua lattiaa. Nämä muodostavat tasavirtapiirin, joka

mahdollistaa auton liikkumisen, kun sähkövirran energiaa muutetaan moottorin välityksellä kineettiseksi energiaksi. Laitteessa ei ole korkealla olevan katon vuoksi sähköiskun vaaraa, vaikka radalla kävelisi. Linnanmäen Autoradan jännite on 60 voltia. (Tikkanen 2018).

Osa vuoristoradoista pysäytetään lopussa induktiojarrulla, joiden toiminta perustuu pyörrevirtoihin (Pendrill ym. 2012; Knight 2008). Induktiojarru koostuu johtavasta metallikappaleesta ja magneetista. Metallikappale voi olla joko suora tanko tai pyöreä kiekko, ja sen materiaalina käytetään jotain ei ferromagneettista metallia, kuten kuparia, messinkiä tai alumiinia, joka ei tartu magneettiin. Magneettina voidaan käyttää joko kesto- tai sähkömagneettia. Kulkiessaan magneettikentän läpi metallikappaleeseen indusoituu Faradayn induktiolain mukaisesti pyörrevirtoja. Näiden pyörrevirtojen magneettikenttä vastustaa Lenzin lain mukaisesti alkuperäistä magneettikenttää aiheuttaen liikettä vastustavan voiman ja siten jarruttaa kappaletta. Koska tämä voima on suoraan verrannollinen nopeuteen, jarrutus on tehokas nopeasti liikkuvalla kappaleella, mutta ei toimi hitaasti liikkuvalla tai paikallaan olevalle kappaleelle. Kitkajarruun verrattuna induktiojarru ei kulu eikä se tuota ääntä tai hajua. (*Wikipedia: Eddy current brake*). Induktiojarrutus on tasainen ja sulava. Lämpöenergia absorboituu messinkisiin tai kuparisiin jarrueviin. (Pendrill ym. 2012). Jarruevät voivat sijaita joko laitteen liikkuvassa (esimerkiksi vaunu) tai paikallaan pysyvässä osassa (esimerkiksi rata). Pyörrevirralla toimivat jarrut ovat turvalliset myös sähkökatkon sattuessa, sillä ne eivät vaadi sähkövirtaa toimiakseen, jos käytössä on kestmagneetit.

Joissain uusissa vuoristoradoissa myös käytetään induktiokiihdytystä, jolloin vaunu voidaan kiihdyttää alhaalta ja tarvittaessa keskellä ajoa (Cassat ym. 2003). Muun muassa Ruotsin Göteborgissa sijaitsevassa Lisebergin huvipuistossa Helix-vuoristoradassa käytetään induktiokiihdytystä LSM (linear synchronous motors) -tekniikalla (*Göteborgin yliopiston Liseberg-teemasivut*). Linnanmäen kesän 2019 uutiuudessa, vuoristorata Taigassa hyödynnetään myös induktiokiihdytystä ajon alussa ja keskellä (*Linnanmäen huvipuisto: Taiga*).

Vuoristoratojen lisäksi myös vapaapudotuslaitteet hyödyntävät induktiojarruja. Linnanmäen 75 metriä korkeassa vapaapudotuslaite Kingissä permanenttijarrut eli pysyvät magneetit sijaitsevat gondolissa ja jarruevät tornissa. Jarrutus alkaa noin laitteen puolivälistä (kuva 1). (Tikkanen 2018).



Kuva 1: Kingin jarrutuskaavio (Tikkanen 2018). Korkeuden ja nopeuden riippuvuus toisistaan.

Linnanmäen huvipuistossa induktiojarruja on tällä hetkellä käytössä neljässä laitteessa, jotka ovat Kirnu (kuva 2), Kingi, Salama (kuva 3) ja Taiga. (Tikkanen 2018).



Kuva 2: Kirnun radan induktiojarrut (harmaat palkit radassa).



Kuva 3: Salaman radan jarrut.

Särkänniemen huvipuistossa induktiojarruja käytetään hidastukseen Tornadossa ja Motogeessä, ja lisäksi HalfPipessä ja Hypessä kiihdytys ja jarrutus on toteutettu lineaarimoottorikäyttönä (Havanka 2018). Nämä neljä laitetta ovat erilaisia vuoristoratoja. HalfPipe poistuu Särkänniemestä kesäksi 2020 (Koskinen 2019).

5 Mittausvälineistöt ja sovellukset

Huvipuistossa tai vaikka leikkipuistossa tehtäviin mittauksiin on saatavilla erilaisia mittalaitteistoja koulukäyttöön suunnitelluista ilmaisiin älypuhelinsovelluksiin. Näillä voidaan mittalaitteen ominaisuuksista riippuen mitata esimerkiksi GPS-dataa, kiihtyvyyksiä, kulmanopeuksia ja ilmanpainetta. Näistä voidaan edelleen johtaa esimerkiksi nopeuksia ja korkeuksia. Aina ei ole välttämätöntä käyttää numeerista dataa tuottavia välineitä, vaan kokeita voidaan tehdä myös kotoa löytyvillä esineillä, joilla voidaan havainnollistaa ja selittää tutkittavia ilmiöitä kvalitatiivisella tasolla.

Kun mittalaitteita ja muita välineitä otetaan mukaan huvipuistolaitteisiin, on ehdottomasti huomioitava turvallisuus: mittavälineiden on oltava kunnolla kiinni, etteivät ne pääse putoamaan ajon aikana. Myös huvipuiston säännöt ja ohjeet on otettava huomioon. (Bagge & Pendrill 2002). Hyvä ennakkovalmistautuminen on myös tärkeää. Tähän sisältyy muun muassa mittalaitteiden käytön opettelu, analysoinnin harjoittelu, tarvittavien yksinkertaistuksien pohtiminen sekä tarvittavan fysiikan opiskelu.

5.1 Erilaisia tutkimustapoja

Vuoristoradoissa ja vastaavissa laitteissa voidaan tehdä yksinkertaisia nopeusmittauksia sekuntikellon avulla, kun tiedetään vuoristoradan junan pituus. Junaa tarkkaillaan laitteen ulkopuolelta ja aika mitataan junan ohittaessa tietyn pisteen radalta. (Pendrill & Rödjegård 2005, Pendrill 2013). Nopeuden lisäksi vuoristoradoissa voidaan mitata myös kiihtyvyyksiä. Niiden tarkastelu tosin on vielä lukiotasolla hankalaa, koska lukiolaisten voi olla vaikeaa hahmottaa kiihtyvyyttä edes paikallaan pysyvässä koordinaatistossa, saati kiihtyvässä koordinaatistossa, jossa kyydissä oleva matkustaja mittalaitteineen on. Opiskelijoiden kanssa olisi hyvä tarkastella kokeita yhdessä ulottuvuudessa.

Vuoristorata-ajon aikana keho kuitenkin kokee kiihtyvyyttä kolmessa ulottuvuudessa, kuten monissa muissakin arkielämän tilanteissa. Laukaisu ja jarrutus ovat esimerkkejä yksiulotteisesta kiihtyvästä liikkeestä. Silmukoissa liike on kaksiulotteista ja korkkiruuveissa kolmiulotteista. Kiihtyvyysanturilla voidaan mitata kehoon kohdistuvia kiihtyvyyksiä ajon eri vaiheissa ja dataa voidaan kuvata graafisesti. Koska keho liikkuu painovoimakentässä, anturi ei mittaa suoraan kiihtyvyyttä, vaan sen vektorikomponenttia. Pendrill (2008) käyttää käsitettä g -voima, jonka hän määrittelee suhteeksi $(\mathbf{a} - \mathbf{g}) / g$, jossa $(\mathbf{a} - \mathbf{g})$ on painovoimakentän ylimääräinen kiihtyvyys ja g putoamiskiintyvyys, johon tätä kiihtyvyyttä verrataan. Karteesinen koordinaatisto riittää yksi- ja kaksiulotteisen liikkeen tarkasteluun, mutta korkkiruuvien tapauksessa tarkasteluun tarvitaan

sylinterikoordinaatistoa. Positiivinen z-akseli on matkustajan selkärangan suuntainen, positiivinen x-akseli liikkeen suuntainen ja y-akseli antaa suunnan lateraalille g-voimalle, joka on oikean käden säännön mukaisesti positiivinen matkustajasta katsoen vasemmalle. Anturin mahdollinen liikkuminen ajon aikana voi aiheuttaa z-akselin kääntymistä. (Pendrill 2008). Puuvuoristoradan tapauksessa nostovaihetta lukuun ottamatta x- ja y-komponentit häviäisivät, jos kitka ja vaunun pituus voitaisiin jättää huomiotta (Pendrill & Rödjegård 2005).

Kiihtyvyysanturimittauksia voidaan tehdä myös muun tyyppisissä laitteissa. Jotkut laitteet esimerkiksi yhdistävät heiluri- ja pyörimisliikettä (Pendrill & Rohlén 2011). Yksinkertaisempia laitteita mitata ovat esimerkiksi karusellit ja vapaapudotuslaitteet (Vieyra & Vieyra 2014). Etenkin vapaapudotuksen tapauksessa tutkittavia suuntia on vain yksi. Kiihtyvyysanturien lisäksi voidaan käyttää mittauksissa myös gyroskooppiä, joka mittaa kulmanopeutta. Yhdistämällä dataa kiihtyvyysanturista ja pyörimisliikkeestä saadaan normaalikiihtyvyyden määritelmän avulla määritettyä vuoristoradan laaksojen ja mäkien säteitä. (Pendrill & Rödjegård 2005).

Monista älypuhelimista ja tableteista löytyvä gyroskooppi poikkeaa toimintaperiaatteeltaan kiihtyvyysanturista: kiihtyvyysanturissa poikkeutettava testimassa liikkuu kiihtyvyyden suuntaa vastaan, kun taas gyroskoopissa on kaksi testimassaa, jotka liikkuvat suhteessa toisiinsa eli oskilloivat ja erottavat toisistaan lineaarikiihtyvyyden ja pyörimisliikkeen perustuen coriolisvoimaan. Laitteen kallistus tuo mukaan gravitaatiokiihtyvyyden komponentin, jonka vaikutus on hyvä ottaa huomioon mittauksissa. Gyroskoopit tuovat lisämahdollisuuksia mittauksiin kiihtyvyysanturien ohelle, sillä niissä data ei sisällä niin paljon kohinaa kuin kiihtyvyysantureissa ja on helpommin tulkittavissa. Anturin asento on kuitenkin molempien tapauksessa otettava huomioon, jottei se vääristä mittauksia. (Braskén & Pörn 2017).

Analyysia voidaan tehdä myös kuvien ja videoiden avulla. Pendrill (2013) on tutkinut opiskelijaryhmien kanssa matkustajaan vaikuttavia voimia vuoristoradan silmukassa, joka on approksimoitu ympyräksi yläkaareltaan. Todellisuudessa silmukat eivät ole ympyrän, vaan klotoidin muotoisia, sillä muuten matkustajaan kohdistuisi alhaalla epämukavan suuria g-voimia. Videoanalyysiin yhdistettiin opiskelijoiden puhelimellaan mittaamat ajat ja kiihtyvyysantureista saatu data. (Pendrill 2013).

Huvipuistossa voidaan tutkia myös ilmiöitä kvalitatiivisesti, erityisesti peruskouluikäisten kanssa. Muun muassa pienikokoisen Foucault'n heilurin tarkastelu onnistuu hitaasti pyörivässä systeemissä, kuten karusellissa. Tällainen on esimerkiksi narun päähän ripustettu pehmolelu, joka on myös turvallinen ottaa laitteeseen mukaan. Keinukarusellissa puolestaan havaitaan, että kaikki keinut

samalla säteellä riippuvat samassa kulmassa, massasta riippumatta. Keinukaruselliin voidaan ottaa huvipuiston luvalla mukaan kertakäyttömukeja, joissa on pieni määrä vettä ja joiden veden pinnan kallistusta voidaan tarkkailla ajon aikana. Hypoteesin tekeminen ennen kokeen suoritusta on suositeltavaa, jotta kokeesta on hyötyä. (Bagge & Pendrill 2002).

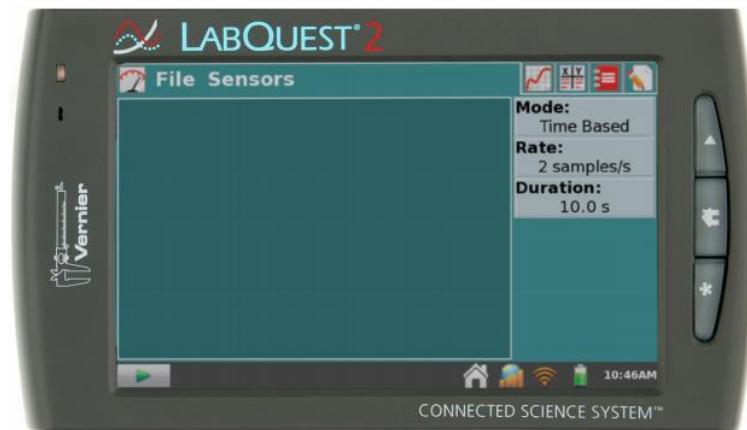
5.2 Eri mittauslaitteistojen esittely

Opiskelijoiden kanssa tehtäviä kokeita varten on erilaisia mittalaitteita, joita valmistavat muun muassa Vernier. Laitteet ovat helppokäyttöisiä, mutta usein melko kalliita, eikä niitä ole kaikissa kouluissa. Vernieriltä on saatavissa kiihtyvyyssantureita joko yksiulotteiseen tai kolmiulotteiseen mittaamiseen (Vernierin kotisivut). Pendrill (2008) on käyttänyt Vernierin WDSS-laitteistoa (wireless dynamics sensor system) mittauksissaan. Anturi mittaa sekä kolmiulotteista kiihtyvyyttä että ilmanpainetta, josta saadaan arviot korkeudelle. Laitetta voi käyttää punnuksena, siinä ei ole näyttöä, vaan data vietään koneelle analysoitavaksi. WDSS-anturi on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4: Vernierin Wireless Dynamics Sensor System -mittausanturi (kuvan lähde: Vernier).

Vernierillä on myös toinen koulukäyttöön suunniteltu mittalaite, LabQuest 2. Laitteessa on kosketusnäyttö, jolle kuvaajat piirtyvät saman tien mittauksen päätyttyä. Laitteessa on sisäänrakennettuina antureina GPS, mikrofoni, kolmiulotteinen kiihtyvyys, lämpötila ja valaistusvoimakkuus. Lisäksi siihen voidaan liittää lisäantureita. (Vernier). LabQuest 2 -mittalaite on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5: Vernierin LabQuest 2 -mittalaite (kuvan lähde: Vernier).

Älypuheliin on mahdollista ladata ilmaisia mobiilisovelluksia fysikaalisten ilmiöiden mittaamiseen ja tarkasteluun. Sovelluksia on paljon ja niiden käyttötarkoitukset vaihtelevat. Tällaisia sovelluksia ovat muun muassa phyphox (Staacks ym. 2018) ja Physics Toolbox Accelerometer (Vieyra & Vieyra 2014), jonka ominaisuudet sisältyvät myös laajempaan sovellukseen Physics Toolbox Sensor Suite. Mobiilisovelluksissa on paljon hyviä puolia. Puhelin on helppo ottaa mukaan laitteeseen. Tulokset saa usein ladattua tekstimuodossa, minkä jälkeen niitä voidaan analysoida tietokoneella, mutta joissain analysointi on mahdollista jo itse sovelluksessa. Ennen mittausta on kuitenkin hyvä selvittää tarkastelusuunnat (koordinaattiakselit), määrittää minimi- ja maksimiarvot, määrittää mittauspisteiden päivitystahti sekä varmistaa kaikkien matkustajien turvallisuus huolehtimalla, ettei puhelin pääse putoamaan ajon aikana (Vieyra & Vieyra 2014). Androidille ja iOS:lle on omia sovelluksia, mutta osa toimii puhelimen käyttöjärjestelmästä riippumatta. Hochberg ym. (2018) ovat todenneet tutkimuksessaan, että mobiilisovellusten käyttö fysiikan opetuksessa ei vaikuta haitallisesti oppimistuloksiin, jos verrataan perinteisiin tutkimusvälineisiin. Sen sijaan ne voivat lisätä kiinnostusta ja uteliaisuutta.

SPARKvue on Pascon julkaisema tiedeaineiden opiskeluun suunniteltu sovellus, joka toimii useilla käyttöjärjestelmillä. Siihen voi yhdistää Bluetooth-yhteydellä älypuhelimeen useita Pascon antureita, joiden dataa voi analysoida sovelluksen tilastotyökaluilla, mutta on myös mahdollista tehdä mittauksia puhelimen sisäisillä antureilla. (Pasco). Myös Vernierillä oma sovellus, Graphical Analysis 4, johon voi liittää Bluetooth-yhteydellä Vernierin antureita. Sovellus on suunniteltu datan analysoimiseen ja jakamiseen, ei itsenäiseen mittaamiseen, ja siihen voi liittää WiFi-yhteydellä esimerkiksi LabQuest 2 -mittalaitteen tai Logger Pro 3 -ohjelman. Sovelluksen pystyy lataamaan myös tietokoneelle. (Vernier).

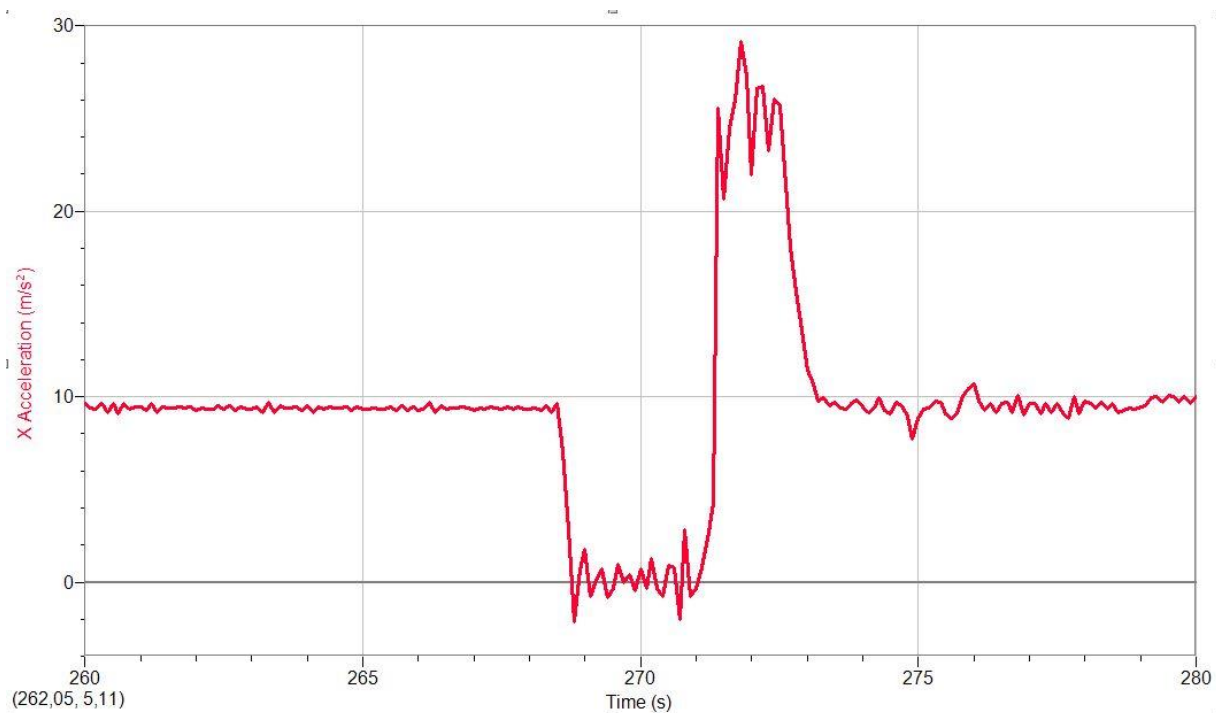
Phyphox on saksalaisen Aachenin teknillisen yliopiston (the 2nd Institute of Physics of the RWTH Aachen University) kehittämä mobiilisovellus fysikaalisten mittausten tekemiseen. Nimi phyphox tulee sanoista physical phone experiments. Sovellus on ilmainen, eikä se sisällä mainoksia. Sen käyttöliittymä ja toiminnallisuus ovat samat sekä Android- että iOS-käyttöjärjestelmissä. Sovelluksen käytössä olevat sensorit riippuvat puhelimen ominaisuuksista; halvoissa perusmalleissa ei yleensä ole kuin kiihtyvyysanturi, kun taas kalliimmissa on lisäksi esimerkiksi gyroskooppi ja paineanturi. (phyphox.org). Phyphox eroaa muista sovelluksista siinä, että sitä voi etäohjata ja reaaliaikaista dataa voi tarkkailla toiselta laitteelta (Staacks ym. 2018). Etäohjausmahdollisuus toisesta laitteesta vaatii yhteisen (WiFi-)verkon. Luokkahuoneympäristössä tämä ei haittaa, mutta on käytännössä mahdotonta toteuttaa isossa ja avoimessa huvipuistossa. Analysointi on tietysti osin mahdollista tehdä jo sovelluksessa (Staacks ym. 2018). Esimerkiksi hissikokeessa sovellus antaa valmiiksi kuvaajat korkeudesta, pystysuuntaisesta nopeudesta ja kiihtyvyydestä ajan funktiona. Raakaa dataa kiihtyvyydestä ja paineesta on myös mahdollista tarkastella. Sovelluksen suorittama analyysi sallii paremmin huomion kohdistumisen itse kokeeseen ja sen sisältämään fysiikkaan, kun kaikki aika ei mene analysointityökalujen käytön opettelemiseen. Phyphoxia on näin mahdollista kustomoida oppilaiden tieto- ja taitotason mukaan. Valmiiden mittauspohjien lisäksi sovelluksessa voi luoda oman mittauspohjan, johon voi valita haluamansa sensorit. Sovelluksen ideana on olla lähinnä kokoelma työkaluja fysikaalisten mittausten tekemiseen. Tarkoitus on, että kokeen tekijä on suunnitellut mittauksen etukäteen tai saanut sen tekemiseen ohjeet muualta. Sovelluksen sisältämissä kokeissa on lyhyet esittelyt, joissa kerrotaan, millainen koe on kyseessä ja mitä siihen tarvitaan. (phyphox.org). Tarvittaessa datan saa myös tallennettua eri tiedostomuodoissa myöhempää käyttöä varten ja vietyä tietokoneelle (Staacks ym. 2018). Phyphox-sovelluksen anturit ja mittaukset on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6: Phyphox-sovelluksen alkunäyttö, muokattu vierityskuvakaappaus.

6 Huvipuistossa suoritettavia fysiikan kokeita

Lukion fysiikan ensimmäisellä kurssilla (Fysiikka luonnontieteenä) lukion opetussuunnitelman (Anon 2019) perusteella käsitellään voimaa liikkeen muutoksen aiheuttajana ja liikeilmiöitä. Näistä keskeisimpiä ovat nopeus ja kiihtyvyys, joita voidaan havaita muun muassa Linnanmäen huvipuistolaitteissa Vuoristorata (perinteinen puuvuoristorata), Maisemajuna ja Kingi (vapaapudotustorni). Mittalaitteistona voidaan käyttää esimerkiksi Vernierin LabQuest 2 -laitteistoa. Sopivaa mittaustaajuutta ja -aikaa on arvioitava jokaisen kokeen kohdalla erikseen. Vuoristoradassa voidaan mitata GPS-dattaa, joka analysointivaiheessa muutetaan (t, v) -kuvaajaksi. Tästä kuvaajasta voidaan mittausohjelman (esimerkiksi Logger Pro) avulla selvittää keski- ja huippunopeus, kuljettu matka sekä maksimikiihtyvyys ja -hidastuvuus. Koejärjestely on esitetty tarkemmin luvussa 7. Koska GPS-data on melko epätarkkaa, tulokset ovat vain suuntaa antavia, mutta samalla voidaan harjoitella tulosten paikkansa pitävyyden arviointia. Lukion ensimmäisen kurssin keskeisiin sisältöihin kuuluu tulosten kerääminen, esittäminen graafisesti ja luotettavuuden arviointi (Anon 2019), jotka sisältyvät tähän kokeeseen. Maisemajunasta voidaan myös mitata GPS-dattaa, josta saatu kuvaaja ($long, lat$) voidaan viedä Google Mapsiin ja verrata alku- ja loppukorkeutta. LabQuest 2 -laitteistolla voidaan mitata myös kiihtyvyyttä. Vapaapudotuslaite Kingin tarkastelu sopii hyvin lukiotasolle, koska siinä on vain yhdensuuntaista kiihtyvyyttä. Jotta mittaus olisi mahdollisimman tarkka ja turvallinen, on tärkeää, että mittalaite pysyy samassa asennossa koko pudotuksen ajan ja ettei se pääse putoamaan. Mittalaite voidaan sijoittaa esimerkiksi kaulapussiin päällyysvaatteiden alle tai tarkoitusta varten suunniteltuun liiviin. Mittaustaajuuden on oltava tarpeeksi suuri, esimerkiksi 10 mittauspistettä sekunnissa, ja mittausaika ajon kesto pidempi, koska mittalaite on laitettava päälle ennen laitteen turvapuomin laskemista. Mittausdatasta piirretään (t, a) -kuvaaja (kuva 7), josta voidaan määrittää vapaa pudotus, sen kesto ja maksiminopeus ennen jarrutuksen alkua. Kuvaajasta on hyvä osata tulkita pudotuksen vaiheet ja niihin liittyvät kiihtyvyydet (nostovaiheessa, ennen pudotusta ja pudotuksen jälkeen tasainen putoamiskiihtyvyys $9,8 \text{ m/s}^2$, vapaapudotuksessa 0 m/s^2 ja jarrutuksessa noin 25 m/s^2). Tulokset saataisiin havainnollisemmaksi kalibroimalla kiihtyvyysanturi siten, että nousuvaiheessa kiihtyvyys on noin 0 m/s^2 , vapaapudotuksessa $-9,8 \text{ m/s}^2$ ja jarrutuksessa noin 15 m/s^2 .

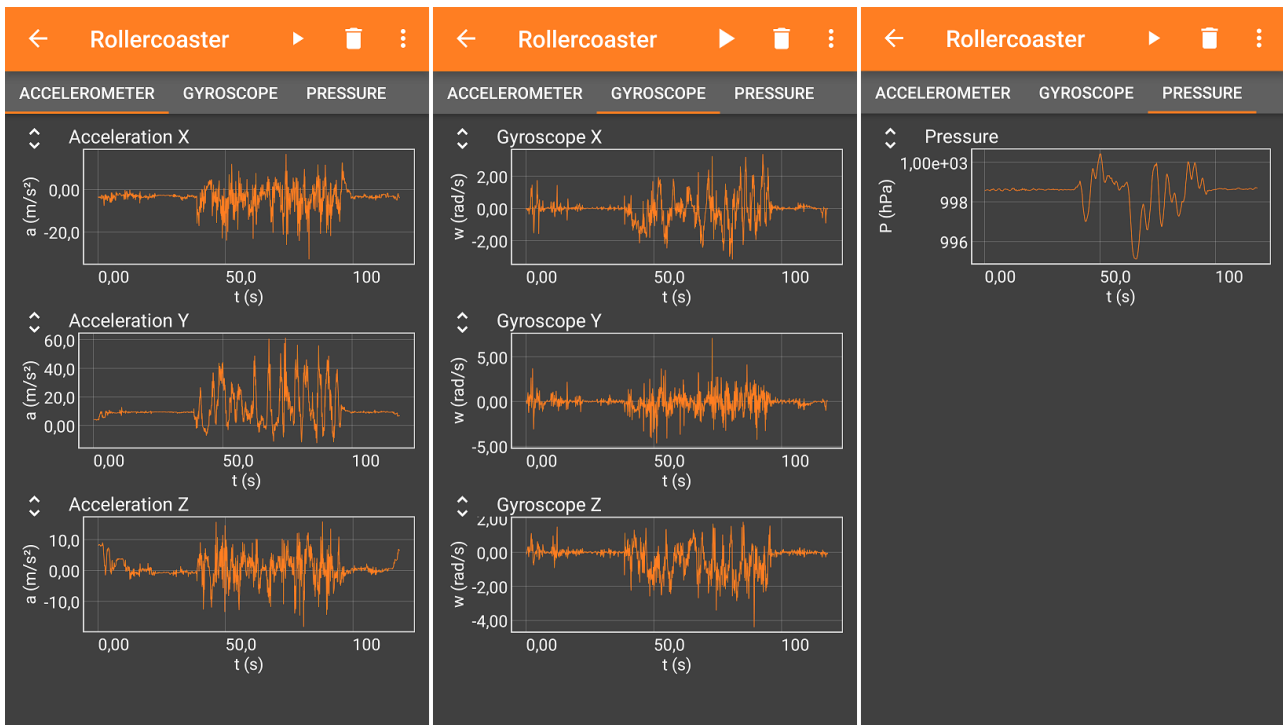


Kuva 7: Kingin (t, a)-kuvaaja, kuvakaappaus Logger Pro -ohjelmasta (kuvan lähde: Petteri Mönkkönen).

Lukion fysiikan neljännellä kurssilla (Voima ja liike) lukion opetussuunnitelman (Anon 2019) perusteella keskeisiä sisältöjä ovat tasainen ja tasaisesti kiihtyvä suoraviivainen liike, kappaleiden vuorovaikutus, voima, Newtonin lait, voimakuvio, liikeyhtälö, (liike- ja potentiaalienergia sekä mekaanisen energian säilymislaki). Minkä tahansa laitteen yhteydessä voidaan pohtia matkustajaan vaikuttavia voimia ja piirtää niistä voimakuvioita. Linnanmäen laitteista kurssin yhteydessä voidaan tarkastella esimerkiksi Kingiä, Ketjukarusellia, Rakettia, Taigaa tai Vuoristorataa. Vuoristorataan ja Kingiin sopivat kokeet on kuvattu edellä lukion ensimmäisen kurssin yhteydessä. Raketin tapauksessa on Kingin tapaan kyse yksisuuntaisesta kiihtyvyydestä, jota voidaan mitata useilla eri mittalaitteilla. Samalla kannattaa mitata myös painetta, jonka avulla saadaan selville korkeus. Monilla eri mittalaitteistoilla, joita on esitelty luvussa 5, voidaan mitata kolmiulotteista kiihtyvyyttä. Sen tarkastelu ja hahmottaminen on kuitenkin hankalaa vielä lukiotasolla, koska kyseessä on kiihtyvä koordinaatisto. Ketjukarusellin tapauksessa voidaan tällä kurssilla tarkastella voimien suuntia ja langan tukivoimaa. Pendrill (2016) on tarkastellut erilaisia keinukaruselleja ja niihin liittyvää fysiikkaa.

Taiga on Linnanmäen kesän 2019 uutuuslaite (*Linnanmäen huvipuisto: Taiga*). Sen liike on kolmiulotteista, samoin kiihtyvyys. Itse mittaus ja datan analysointi eivät sovellu lukiotasolle, mutta kuvaajantulkintatehtävänä, jossa yksinkertaistettua kiihtyvyysskuvaajaa verrataan ajovideoon,

tehtävä soveltuisi hyvin myös lukion fysiikan neljännelle kurssille. Tätä ei tehty tätä tutkielmaa varten, mutta dataa kerättiin phyphox-sovelluksella mahdollista jatkoanalysointia varten. Phyphox-kuvaajat on esitetty kuvassa 8. Huvipuistovierailulla olisi mahdollista pohtia ennen ajoa, missä kohtaa rataa matkustaja tuntee itsensä kevyeksi ja painavaksi, ja ajon jälkeen voidaan tarkistaa, pitivätkö ennakko-oletukset paikkansa.



Kuva 8: Kiihtyvyysanturi-, gyroskooppi- ja paineanturidataa Taigasta, yhdistetty kuvakaappaus phyphox-sovelluksesta.

Lukion fysiikan viidennellä kurssilla (Jaksollinen liike ja aallot) lukion opetussuunnitelman (Anon 2019) perusteella keskeisiä sisältöjä ovat tasainen ympyräliike, normaalikiihtyvyys ja jaksollinen liike. Kurssilla tarkasteltavia laitteita voisivat olla esimerkiksi Kahvikuppikaruselli, Karuselli, Ketjukaruselli, Mustekala, Rinkeli ja Viikinkilaiva. Karusellien yhteydessä voidaan mitata kulmasuureita tai pohtia monimutkaista kiertoliikettä sisältävien laitteiden, kuten Kahvikuppikarusellin ja Mustekalan, tapauksessa matkustajan kulkemaa rataa (millaista kuviota matkustaja niin sanotusti piirtää ajon aikana). Karusellissa voidaan tarkastella perussuureita, kuten radan sädettä ja kehänopeutta, ja laskea niiden avulla kulmanopeus. Samalla voidaan tarkastella, miten etäisyys Karusellin pyörimisakselista vaikuttaa matkustajan nopeuteen. Nopeuden määrittämistä voidaan harjoitella Rinkelin eli maailmanpyörän avulla, koska se on pyöriessään tasaisessa ympyräliikkeessä. Viikinkilaivaa voidaan käyttää esimerkkinä heilurista.

Huvipuistokontekstissa saa paljon pohdinta- ja laskutehtäviä. Tällaisia on Ann-Marie Pendrill kollegoineen suunnitellut Gröna Lund ja Liseberg huvipuistojen laitteisiin, ja tehtäviä on saatavilla internetistä Lundin yliopiston teemasivuilta (tivoli.fysik.org/) sekä Gröna Lundin sivuilta (www.gronalund.com/edutainment) ruotsiksi. Niitä soveltamalla saadaan laadittua myös Linnanmäen sekä muiden huvipuistojen laitteisiin soveltuvia tehtäviä.

7 Empiirinen tutkimus Linnanmäen huvipuistossa opiskelijaryhmän kanssa

Tämä tutkielma on tehty yhteistyössä pääkaupunkiseudulla sijaitsevan lukion ja kyseisen lukion fysiikan opettajan kanssa. Empiirinen osa koostuu kolmesta osasta. Ensimmäinen osa oli valmisteleva oppitunti, jossa harjoiteltiin mittalaitteiston käyttöä ja valmistauduttiin Linnanmäen vierailuun. Toinen osa toteutettiin huvipuistossa, jolloin tehtiin varsinaiset mittaukset Vuoristoradassa, Maisemajunassa ja Kingissä. Empiirisen osan viimeisessä vaiheessa analysoitiin saatuja mittaustuloksia koululla. Tällä tavoin toteutettuna huvipuistovierailu integroituu selkeäksi osaksi fysiikan opetuksen kokonaisuutta, koska sillä on selkeä rooli osana opetuksen toteutusta.

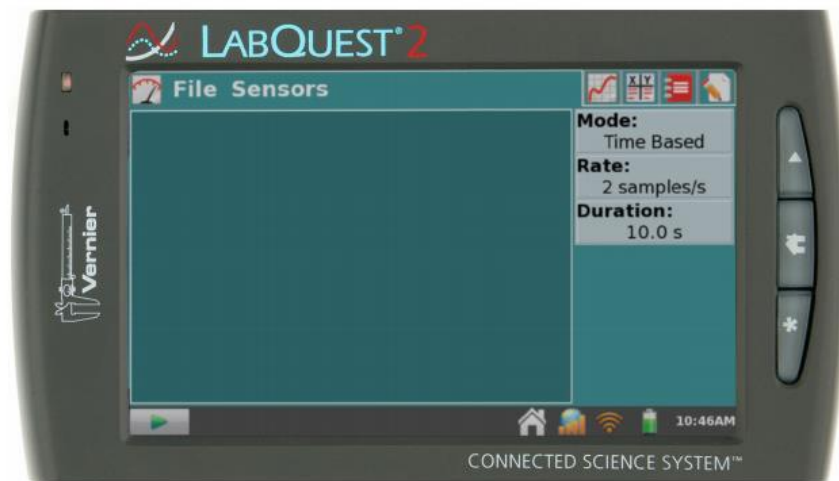
Tutkielman tekijä kävi etukäteen Linnanmäellä harjoittelemassa laitteiston käyttöä Vuoristoradassa.

7.1 Osallistujat

Tutkimuksen empiiriseen osaan osallistuneet opiskelijat olivat lukion ensimmäisen vuoden opiskelijoita, jotka ovat opiskelleet kolme ensimmäistä fysiikan kurssia. Linnanmäki-projekti oli osa vapaavalintaista fysiikan työkurssia, joka alkoi keväällä 2019, mutta Linnanmäki-osuus siirtyi olosuhteista johtuen alkusyksyyn 2019. Opiskelijoita oli ensimmäisellä tunnilla paikalla 10, toisella ja kolmannella tunnilla kuusi.

7.2 Empiirinen osa 1: Ohjeistuskerta

Tutkielman tekijä piti opiskelijoille ohjeistustunnin opiskelijoiden omassa koulussa. Aluksi opiskelijat työskentelivät pareittain ja perehtyivät Vernierin LabQuest 2 -laitteeseen (kuva 9). Tutkielman tekijä esitteli lyhyesti, millaisia asetuksia tulevissa mittauksissa käytetään. Laitteisto oli opiskelijoille ainakin osittain tuttu. Esittelyssä käytiin läpi sopivat mittaussajat ja mittaustaajuudet. Lisäksi opiskelijoita muistutettiin tekemään mittauksista hyvät muistiinpanot ja nimeämään mittaustulokset selkeästi (laite, mones mittaus, ryhmän numero). Laitteeseen perehtymisen jälkeen opiskelijaryhmä harjoitteli mittauksia ulkona kävelemällä ja juoksemalla koulua ympäri. Yksi pareista käytti apuna myös polkupyörää.



Kuva 9: LabQuest 2 -mittalaite on kooltaan 8.8 cm x 15.4 cm x 2.5 cm ja painaa 350 g
(kuvan lähde: Vernier).

Vernierin LabQuest 2 -mittauslaitteisto mittaa GPS-dataa eli ruudulla näkyy oletuksena kuvaaja, jonka x-akselilla on longitudi ja y-akselilla latitudi (kuva 10). Opiskelijoille kerrottiin, miten laitteiston ruudulla näkyvä kuvaaja muutetaan (t, v) -kuvaajaksi, jota oli tarkoitus tarkastella varsinaisten huvipuistossa tehtävien mittauksen jälkeen kolmannella oppitunnilla. Kävellessä ja juosten saadut kuvaajat eivät olleet erityisen havainnollistavia, mutta polkupyörää käyttänyt pari sai aikaan piikkejä kuvaajaan.

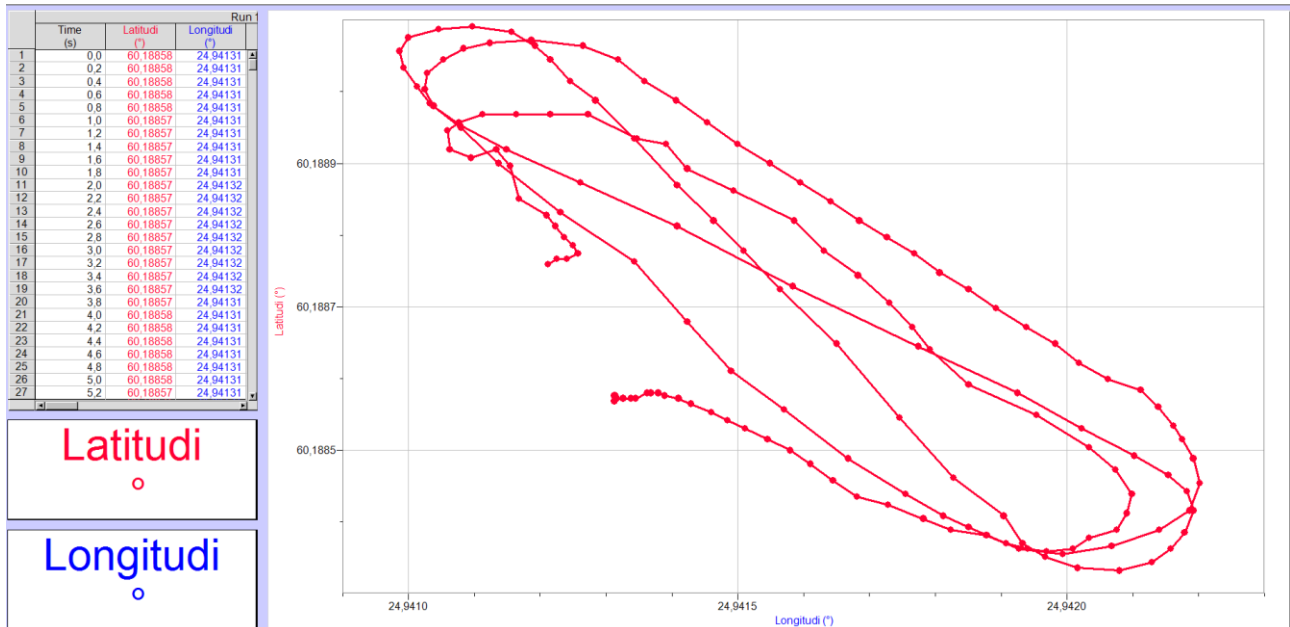
Sensoriksi valittiin vain GPS, mittausajaksi muutettiin 600 sekuntia. Mittaustaajuutena käytettiin 1 mittauspiste sekunnissa, joka oli laitteen oletuksena. Linnanmäellä oli tarkoitus vaihdella mittaustaajuutta. Mittauksen onnistumisen kannalta oli tärkeää odottaa, että laite löytää GPS-signaalin eli että latitudin ja longitudin arvot tulevat näkyviin ruudulle ennen mittauksen käynnistämistä.

7.3 Empiirinen osa 2: Mittauspäivä Linnanmäellä

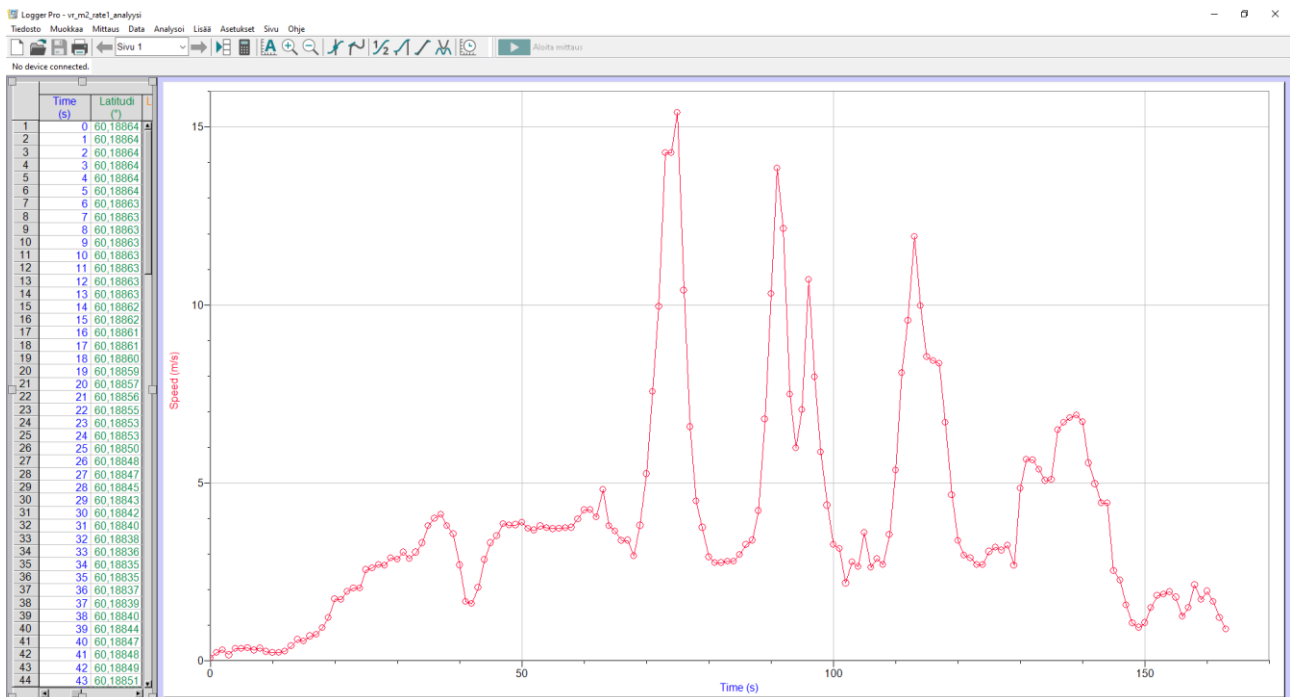
Empiirisen osan mittauksia oli tekemässä kuusi opiskelijaa ja heillä oli mukanaan koulunsa omat mittalaitteet (LabQuest 2). Opiskelijoita toimivat kolmena parina. Ryhmän muille opiskelijoille annettiin mahdollisuus käydä tekemässä mittaukset itsenäisesti.

Mittaukset aloitettiin Vuoristoradasta. Opiskelijat pitivät mittalaitteita taskuissaan (tai kädessään). Mittauslaitteiden mukaan ottaminen laitteisiin ei aiheuttanut turvallisuusriskiä, vaikka niitä ei ollut kiinnitetty mittajaan. Mittalaitteen asennolla ei ollut väliä, koska mitattiin (suhteellisen epätarkkaa) GPS-dataa. Alkuasetuksina käytettiin samoja kuin empiirisen osan ohjeistuskerralla. Vuoristoradasta oli tarkoitus saada määritettyä (t, v) -kuvaajassa (kuva 11) neljä tai viisi huippua

korkeusjärjestyksessä suurimmasta pienimpään. Kun pari sai ensimmäisestä mittauksesta onnistuneen tuloksen, se sai siirtyä tekemään uuden mittauksen suuremmalla mittaustaajuudella (ensin 2 mittauspistettä sekunnissa, sitten 5). Pareilta vaadittiin Vuoristorata-osuudessa kolme onnistunutta mittausta. Kaikilla pareilla onnistuneet mittaukset vaativat useamman yrityksen vähintään yhdellä mittaustaajuudella.

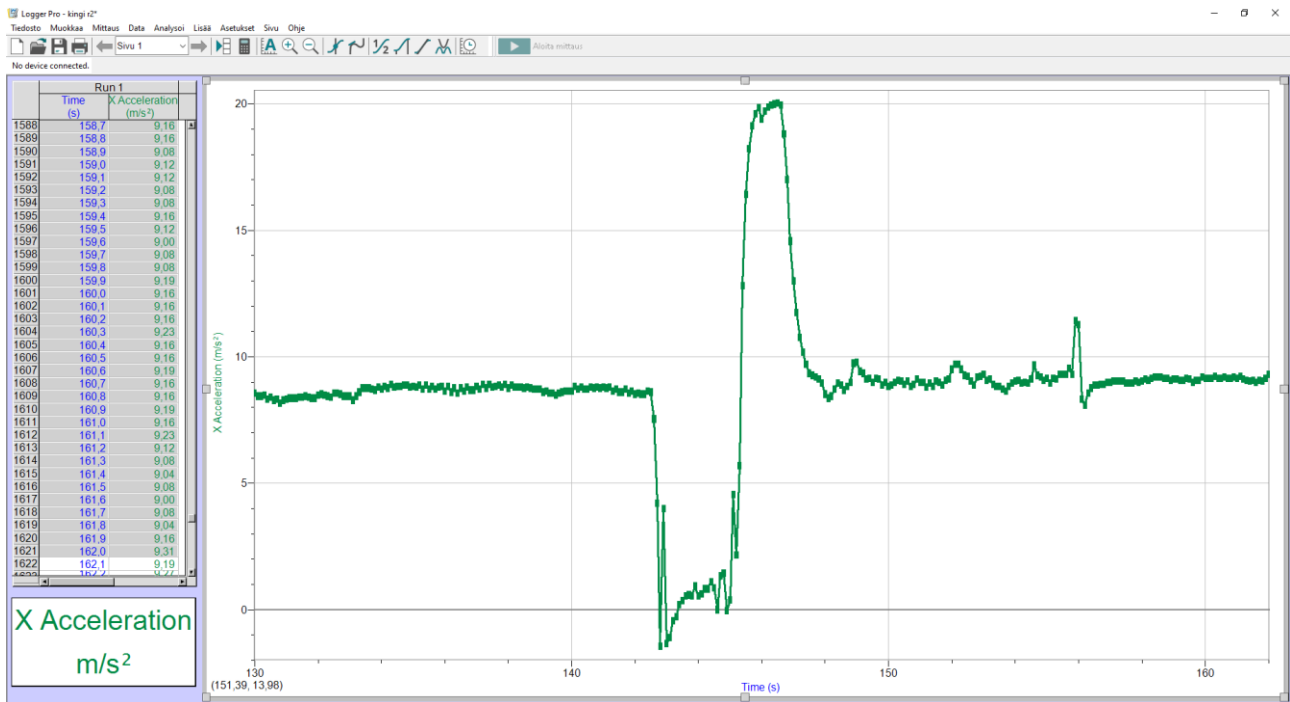


Kuva 10: GPS-kuvaaja Vuoristoradasta, kuvakaappaus Logger Pro -ohjelmasta.



Kuva 11: (t, v) -kuvaaja Vuoristoradasta, kuvakaappaus Logger Pro -ohjelmasta.

Opiskelijat kävivät mittaamassa myös GPS-dataa Maisemajunassa ja yksiulotteista kiihtyvyyttä Kingissä (vapaapudotus). Maisemajunassa käytettiin mittaustaajuutena 1 mittauspiste sekunnissa ja sopivan mittausajan opiskelijat saivat arvioida itse. Kingissä mittaustaajuutta kasvatettiin arvoon 10 mittauspistettä sekunnissa, sillä itse pudotus on hyvin nopea (alle 5s). Kingissä oli tärkeää huolehtia, että mittalaite ei pääse putoamaan ja että se pysyy tietyssä asennossa. Tästä huolehdittiin asettamalla mittalaite kaulapussiin ja pussi edelleen päällystakin tai vastaavan alle.



Kuva 12: Ryhmän 2 mittausdata Kingistä, kuvakaappaus Logger Pro -ohjelmasta.

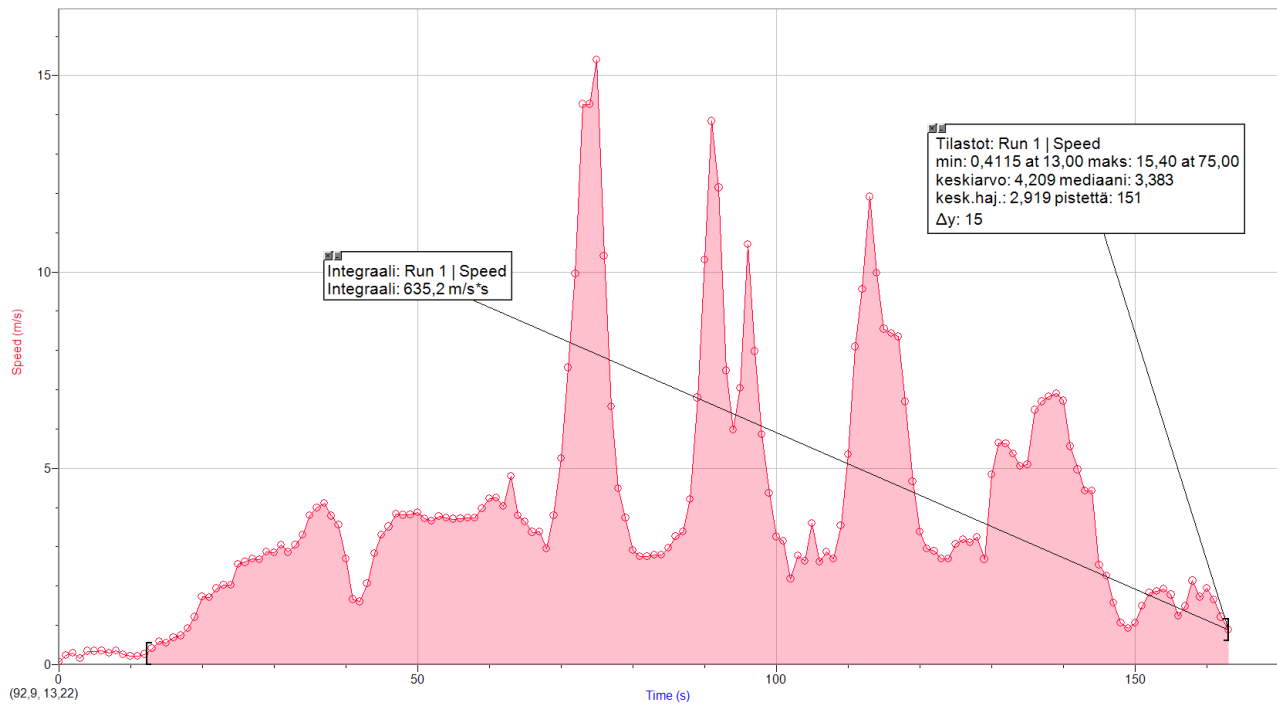
Mittauspäivän sää oli hyvä, puolipilvistä, mutta tuuli oli aika navakkaa, joten sääolosuhteet eivät merkittävästi muuttaneet mittaustuloksia.

7.4 Empiirinen osa 3: Analysointikerta

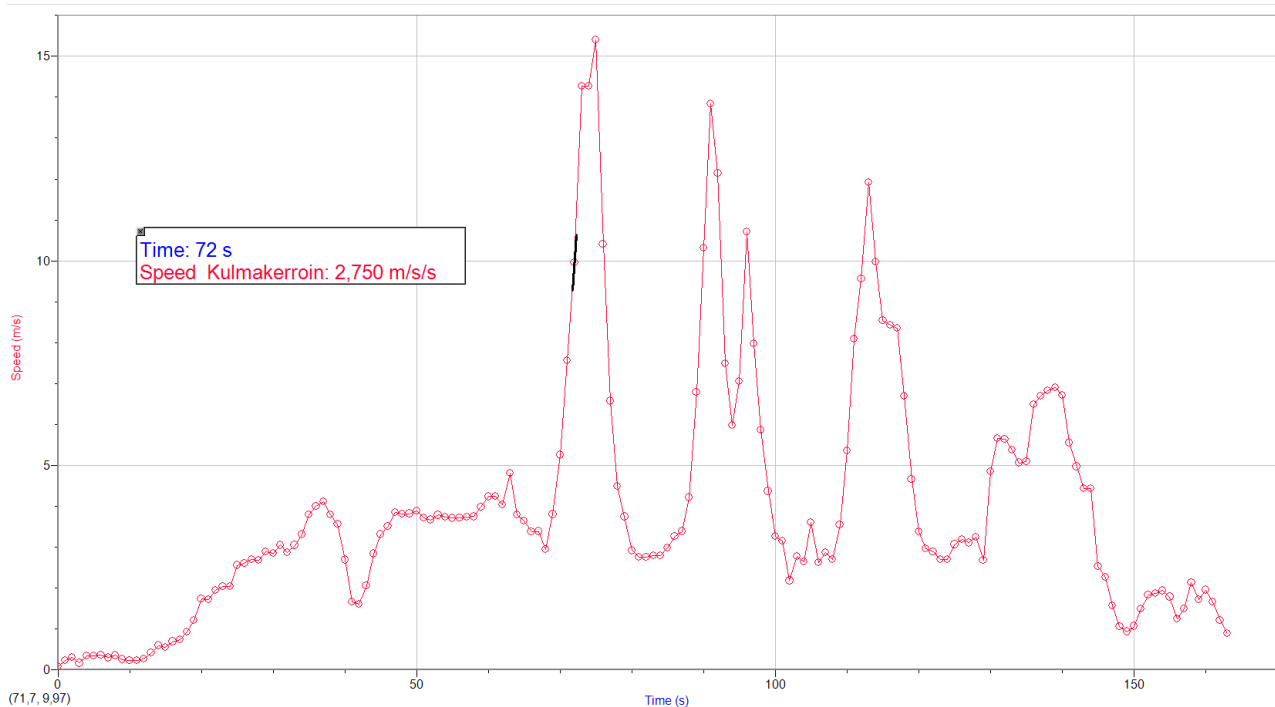
Tutkielman tekijä piti opiskelijoille mittaussaineiston analysointiin liittyvän oppitunnin noin viikon päästä mittausten tekemisestä. Paikalla olivat samat kuusi opiskelijaa, jotka olivat myös edellisellä viikolla tekemässä mittauksia Linnanmäen huvipuistossa. Opiskelijat valitsivat parhaiten onnistuneen mittauksen ja analysoivat sitä Vernierin Logger Pro -ohjelmalla. Mittaustaajuudella ei tässä ollut väliä.

Tutkielman tekijä näytti opiskelijoille omasta datastaan, miten (t, v) -kuvaaja piirretään ja miten kuvaajasta saadaan huippunopeus ja keskinopeus: analysoi-kohdan tilastot-toiminto; kuljettu matka: analysoi-kohdan integraali-toiminto; sekä maksimikiihtyvyys ja -hidastuvuus: analysoi-kohdan

tangentti-toiminto. Huippu- ja keskinopeuden sekä kuljetun matkan määritykset ja tulokset on esitetty kuvassa 13. Maksimikihtyvyyden määrittäminen ja tulos on esitetty kuvassa 14. Tuloksia verrattiin oletusarvoihin (Vuoristoradan pituus 960m, nopeus 60km/h) ja tulosten huomattiin poikkeavan niistä. Pohdittiin syitä eroihin ja todettiin niiden johtuvan projektioista (GPS ei ota korkeuden muutoksia huomioon) sekä GPS-datan epätarkkuudesta.



Kuva 13: (t, v) -kuvaaja Vuoristoradasta, jossa on esitetty kuljettu matka, keskinopeus ja huippunopeus. Kuvakaappaus Logger Pro -ohjelmasta.



Kuva 14: (t, v) -kuvaaja Vuoristoradasta, jossa on esitetty maksimikiihtyvyys.

Kuvakaappaus Logger Pro -ohjelmasta.

Opiskelijat saivat tehtäviin vielä kirjallisen ohjeen omalta opettajaltaan ja he palauttavat siitä raportin.

Maisemajuna-datasta opiskelijat piirtävät GPS-kuvaajan ($long$, lat) ja vievät sen Google Mapsiin ja vertaavat alku- ja loppukorkeutta. Kingi-datasta opiskelijat piirtävät (t, a) -kuvaajan (kuva 12) ja määrittävät vapaan pudotuksen, sen keston ja loppunopeuden (ennen jarrutuksen alkamista).

8 Pohdinta ja johtopäätökset

Huvipuisto on hyvä oppimisympäristö fysiikan opetukseen, koska se kytkeytyy arkielämään ja saattaa lisätä kiinnostusta fysiikan opiskeluun. Lukion opetussuunnitelman perusteet (Anon 2019) korostaa kokeellisen työskentelyn merkityksen lisäksi fysiikan merkitystä teknologiassa ja yhteiskunnassa. Vierailu huvipuistossa ja siellä esiintyvien fysiikan ilmiöiden pohdinta kvalitatiivisella ja kvantitatiivisella tasolla on monipuolinen oppimistilanne.

Kiinnostuksella on todettu olevan merkittävä vaikutus oppimiseen ja tarkkaavaisuuteen ja lisäksi siihen liittyy usein myös myönteinen tunnetila kyseessä olevaa sisältöä kohtaan. Kontekstin, sisältöjen ja opetustavan valinnalla voidaan vaikuttaa tilannekohtaisen kiinnostuksen syntymiseen ja edelleen henkilökohtaiseen kiinnostukseen. Kiinnostuksen kehittyminen vaatii ulkopuolista tukea ympäristöltä, joten opettaja pystyy vaikuttamaan tähän omalla toiminnallaan. (Hidi & Renninger 2006, Lavonen ym. 2005). Opiskelijat kokevat koulun ulkopuoliset oppimistilanteet miellyttäväiksi (Juuti ym. 2010). Koulun ulkopuolella tapahtuvan oppimisen on todettu olevan motivoivaa ja vapaaehtoista, ja siitä saadaan eniten irti hyvällä suunnittelulla ja siihen liittyvillä tehtävillä (Rennie 2014).

Huvipuistoa voidaan hyödyntää fysiikan opetuksessa ja opiskelussa hyvin monipuolisesti (Pendrell & Pezzi 2013). Huvipuistossa voidaan tarkastella fysiikan ilmiöitä kvalitatiivisella tasolla, mutta myös tehdä mittauksia erilaisilla mittausvälineillä ja älypuhelinsovelluksilla (Staacks ym. 2018, Vieyra & Vieyra 2014). Monilla lukiolaisilla on käytössään älypuhelin, joten mittalaite löytyy omasta taskusta. Älypuhelimissa on monenlaisia antureita, tosin osa vain paremmissa malleissa. Älypuhelimien käyttö soveltavissa olosuhteissa saattaa kannustaa opiskelijoita kokeilemaan vapaa-ajallaan sovelluksia erilaisissa arkipäivän tilanteissa. Huvipuistossa tehtävistä mittauksista parhaiten lukioon soveltuvia ovat kokeet, jossa tarkastellaan yksiulotteista liikettä tai muuten yksinkertaista tilannetta. Kolmiulotteisten tilanteiden hahmottaminen erityisesti kiihtyvän liikkeen tapauksessa on lukiolaisille hankalaa.

Huvipuistossa tehtäviä mittauksia sisältäviä kokeita on helpoin laatia lukion ensimmäiselle, neljännelle ja viidennelle kurssille, joilla käsitellään erilaisia dynamiikan ilmiöitä, erityisesti nopeutta ja kiihtyvyyttä. Linnanmäen laitteista näihin kokeisiin soveltuvat esimerkiksi vapaapudotuslaite Kingi, jossa voidaan tarkastella yksiulotteista kiihtyvyyttä, sekä Vuoristorata, josta mitatusta GPS-datasta saadaan johdettua kuljettua matkaa, nopeuksia ja kiihtyvyyksiä. Tarkan datan saamisen sijaan korostetaan mittaamisen ja datan paikkansa pitävyyden arvioimisen harjoittelua.

Tässä työssä on kehitetty opetuksellinen malli sille, miten fysiikkaa voidaan opettaa huvipuistokontekstissa. Huvipuistoon tehtävä vierailu jaetaan vähintään kolmeen osaan, jotka ovat (1) ennakotehtävät ja mittalaitteiston käytön harjoittelu koulussa, (2) itse vierailu huvipuistoon, jossa tehdään hyvin suunnitellut mittaukset, sekä (3) mittaustulosten läpikäynti ja analysointi koulussa. Kirjallisen raportin laatiminen kehittää lisäksi tutkimustaitoja.

Seuraavissa tutkimuksissa voitaisiin selvittää, missä määrin huvipuistokonteksti lisää kiinnostusta fysiikkaan ja onko huvipuistovierailulla vaikutusta fysiikan oppimiseen. Myös suomalaisiin huvipuistoihin sopivia tehtäviä voitaisiin laatia lisää.

9 Kiitokset

Tutkielman tekijä haluaa osoittaa parhaimmat kiitoksensa Linnanmäen huvipuistolle sekä erityisesti käyttöpäällikkö Marko Tikkaselle ja palvelupäällikkö Kati Hakalalle, tämän tutkielman tekemisen suosiollisesta tukemisesta sekä korvaamattomasta avusta teknisten yksityiskohtien selventämisessä. Lisäksi tutkielman tekijä haluaa kiittää professori Ann-Marie Pendrillia ja Gröna Lundin huvipuistoa mahdollisuudesta osallistua opettajien koulutuspäivään kesällä 2019. Kiitokset myös Kauniaisten lukion Petteri Mönkköselle yhteistyöstä ja ideoista kokeisiin.

Lähdeluettelo

Anon. 2019. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. Saatavissa:

<https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/lukion-opetussuunnitelmien-perusteet>. Haettu 4.3.2020.

Bagge, S., Pendrill, A-M. 2002. Classical physics experiments in the amusement park. *Physics Education* 37(6), 507-511.

Braskén, M., & Pörn, R. 2017. Studying rotational dynamics with a smartphone—accelerometer versus gyroscope. *Physics Education*, 52(4), 045024.

Cassat, A., Corsi, N., Moser, R. & Wavre, N. 2003. Direct Linear Drives: Market and Performance Status. *The proceedings of 4th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications 2003*, Birmingham, England, s. 1 - 11.

Edutainment [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.gronalund.com/edutainment>. Haettu 12.5.2020.

Escobar, C. 1990. Amusement Park Physics. *The Physics Teacher* 28(7), 446-453.

Fysikdag [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://tivoli.fysik.org/liseberg/fysikdag/>. Haettu 13.5.2020.

Göteborgin yliopiston Liseberg-teemasivut [verkkodokumentti]. Saatavissa: http://physics.gu.se/LISEBERG/helix/index_E.html. Haettu 25.3.2019.

Havanka, M. 2018. Huollon työnjohtaja, Särkänniemen huvipuisto (sähköposti 20.6.2018)

Hidi S. & Renninger K. A. 2006. The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist* 41(2), 111-127.

Hidi, S., Renninger, K. A., & Krapp, A. 2004. Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. Teoksessa D. Y. Dai & R. J. Sternberg (Toim.), *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (pp. 89–115). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Hochberg, K., Kuhn, J. & Müller, A. 2018. Using Smartphones as Experimental Tools—Effects on Interest, Curiosity, and Learning in Physics Education. *Journal of Science Education and Technology* 27, 385–403.

Hoffmann L. 2002. Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction* 12, 447-465.

Juuti K., Lavonen J., Uitto A., Byman R. & Meisalo V. 2010. Science teaching methods preferred by grade 9 students in Finland. *International Journal of Science and Mathematics education* 8(4), 611-632.

- Knight, R. D. 2008. *Physics for scientists and engineers. A strategic approach*. 2. painos. San Francisco: Pearson/Addison Wesley.
- Koskinen, A. L. (Yle). 2019. Särkänniemi luopuu hurjasta ja kovaäänisestä laitteestaan: Myytäneen ulkomaille. <https://yle.fi/uutiset/3-11066295>. Haettu 10.3.2020.
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V., & Uitto, A. 2005. Pupil interest in physics: a survey in Finland. *Nordic Studies in Science Education*, 1(2), 72-85.
- Linnanmäen huvipuisto: Taiga [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.linnanmaki.fi/fi/laitteet/taiga>. Haettu 12.5.2020.
- Lundin yliopiston huvipuistofysiikkasivusto [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://tivoli.fysik.org/>. Haettu 12.5.2020.
- Pasco. Sparkvue-sovellus [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.pasco.com/products/software/sparkvue>. Haettu 13.5.2020.
- Pendril, A-M. 2008. Acceleration in one, two, and three dimensions in launched roller coasters. *Physics Education* 43(5), 483-491.
- Pendril, A-M. 2013. Student investigations of the forces in a roller coaster loop. *European Journal of Physics* 34(6), 1379-1389.
- Pendril, A-M. 2016. Rotating swings—a theme with variations. *Physics Education* 51(1), 015014.
- Pendril, A-M., Karlsteen, M. & Rödjegård, H. 2012. Stopping a roller coaster train. *Physics Education* 47(6), 728-735.
- Pendril, A-M., Kozma, C. & Theve, A. 2014. Teacher roles during amusement park visits – insights from observations, interviews and questionnaires. Teoksessa L. Dvoák, & V. Koudelková (Toim.), *ICPE - EPEC 2013 Proceedings*. (Vol. 2013, pp. 591-599). Praha: MATFYZPRESS
- Pendril, A-M. & Pezzi, G. 2013. Amusement parks support physics education? *Physics Education* 48(1), 3-5.
- Pendril, A-M. & Rohlén, J. 2011. Acceleration and rotation in a pendulum ride, measured using an iPhone 4. *Physics Education* 46(6), 676-681.
- Pendril, A-M & Rödjegård, H. 2005. A rollercoaster viewed through motion tracker data. *Physics Education* 40(6), 522-526.
- Phyphox [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://phyphox.org/>. Haettu: 13.5.2020.
- Physics, Science & Math Days [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://cbakkennet.ipage.com/cga/index.html>. Haettu 3.4.2019.
- Rennie, L. 2014. Learning Science Outside of School. Teoksessa N. G. Lederman & S. K. Abell (Toim.), *Research on Science Education*, vol II (pp. 120-144). New York: Routledge.

- Roeder, J. L. 1975. Physics and the Amusement Park. *The Physics Teacher* 13(6), 327-332.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. 2018. Advanced tools for smartphonebased experiments: phyphox. *Physics Education* 53(4), 045009.
- Tikkanen, M. 2018. Käyttöpäällikkö, Linnanmäen huvipuisto (suullinen haastattelu 14.6.2018).
- Vernier. Graphical Analysis 4 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.vernier.com/product/graphical-analysis-4/> Haettu: 13.5.2020.
- Vernier. LabQuest 2 -käyttöohje [verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www2.vernier.com/manuals/labquest2_user_manual.pdf. Haettu: 13.5.2020.
- Vernierin kotisivut [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.vernier.com/products/sensors/accelerometers/>. Haettu 28.3.2019.
- Vieyra, R. & Vieyra, C. 2014. Analyzing Forces on Amusement Park Rides with Mobile Devices. *The Physics Teacher* 52, 149-151.
- Wikipedia, the free encyclopedia: Eddy current brake [verkkodokumentti]. Päivitetty 3.3.2019. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current_brake. Haettu 25.3.2019.
- Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E. & Dickson, D. 2003. Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education* 38(4), 324-329.